Editura didactică și pedagogică - București, [illegible]

construcții civile

AL. NEGOIȚĂ
V. FOCȘA
A. RADU
I. POP
L. ȚUȚU
M. DUMITRAȘ
[illegible] NEGOIȚĂ

construcții civile

MINISTERUL EDUCAȚIEI
ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. doc. ing. ALEXANDRU NEGOIȚĂ
Prof. dr. ing. VIRGIL FOCȘA
Prof. dr. ing. ADRIAN RADU
Conf. dr. ing. IOAN POP
Șef lucr. ing. LIVIU TUTU
Șef lucr. ing. MACEDON DUMITRAȘ
Ing. IOAN NEGOIȚĂ

Construcții civile

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Lucrarea a fost elaborată astfel:

Cap. 1, 2, 3, 7 și 8 — prof. dr. doc. ing. A. Negoiță și ing. I. Negoiță; Cap. 5, 6, 22, 23 și 24 — prof. dr. ing. Virgil Focșa; Cap. 9, 10, 14 și 21 — prof. dr. ing. Adrian Radu; Cap. 4, 11, 13 și 20 — prof. dr. doc. ing. A. Negoiță și șef lucr. ing. Macedon Dumitraș; Cap. 12 — prof. dr. doc. ing. A. Negoiță și șef lucr. ing. Liviu Tutu; Cap. 15, 16, 17 — prof. dr. doc. ing. A. Negoiță și conf. dr. ing. Ioan Pop; Cap. 18 și 19 — prof. dr. doc. ing. A. Negoiță, conf. dr. ing. Ioan Pop și ing. I. Negoiță.

Coordonatorul lucrării: prof. dr. doc. ing. A. Negoiță.

Referent științific: conf. ing. FLORIN DABIJA

Redactor: șef lucr. ing. MARIA DARIE
Tehnoredactor: T. BĂLĂIȚĂ
Coperta: arh. O. MAGHERAN

PREFAȚĂ

Cursul de construcții civile urmărește să dea studenților cunoștințele de bază necesare pentru concepția științifică, proiectarea, alcătuirea constructivă și folosirea rațională, optimă a elementelor de construcții și a grupărilor acestora (denumite complexe sau subansambluri) în cadrul concepției de ansamblu a clădirii, determinată de un complex de date fizice și economice. Volumul de față urmărește în primul rînd analiza cauzală și prezentarea logică a fenomenelor care intervin în viața clădirilor, a principiilor și legilor de bază, ilustrate prin soluții reprezentative și numai în al doilea rînd părțile de detalii constructive, care întregesc exemplificarea practică. Cursul cuprinde astfel elemente necesare pentru concepția științifică a noilor soluții de structuri și elemente de construcții eficiente, folosite în condiții variate de exploatare și executate cu materiale și tehnologii diferite, evidențiind posibilitățile pe care le oferă materialele și tehnologiile noi, moderne de execuție.

Lucrarea cuprinde în același timp o tratare sintetică și unitară a concepției clădirilor civile cu pereți portanți din zidărie, beton monolit și elemente prefabricate sub aspectul: funcțiune, material, structură, ca și elemente de mecanica și alcătuirea constructivă a zidăriilor și pereților portanți. În această lucrare există și unele preocupări privind interdependența dintre clădire și condițiile ei de realizare: tehnologie, organizare, economie.

Cu toate că obiectul principal al cursului îl prezintă construcțiile civile, unele părți conțin și cunoștințe necesare tuturor construcțiilor (industriale, agrozootehnice etc.) ca de exemplu: mecanica zidăriilor, principiile și regulile de alcătuire constructivă a elementelor de construcție, modularea, toleranțele etc.

Astfel cursul prezintă pentru prima oară într-o formă originală, proprie, disciplina de construcții civile, privită pînă nu de mult ca o disciplină cu caracter descriptiv, ca una dintre principalele științe tehnice ale construcțiilor, cu propriile sale principii și legi cu caracter specific și folosind cunoștințe fundamentale din multe alte științe, mai ales din mecanica și fizica construcțiilor.

Cursul se adresează studenților din secția de construcții civile, industriale și agricole ale facultății de construcții, dar poate fi folosit de toți studenții din secțiile de construcții, ca și de studenții — arhitecți. Cartea este în același timp utilă tuturor arhitecților și inginerilor constructori din proiectare și execuție, avînd de asemenea caracter de manual de reciclare.

Autorii

CUPRINS

Partea a cincea – STRUCTURI DE REZISTENŢĂ PENTRU CLĂDIRI CIVILE

Partea a şasea – LUCRĂRI DE FINISAJ PENTRU CONSTRUCŢII CIVILE

INTRODUCERE

Congresul al XI-lea al Partidului Comunist Român a făcut bilanțul strălucitelor realizări în anii construcției socialiste și a luat hotărîri de importanță istorică în vederea făuririi societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintării României pe calea edificării comunismului.

În rezolvarea marii sarcini privind crearea unei puternice baze tehnico-materiale, construcțiile au un rol hotărîtor, fiind una din principalele ramuri ale producției materiale care reprezintă în țările socialiste peste 40 % din totalul investițiilor. Producția de construcții este alcătuită din construcțiile terminate și gata pentru a fi date în funcțiune, dintre care unele (hale industriale, ateliere, centrale termo- și hidroenergetice, porturi etc.) asigură darea în exploatare a unor *noi mijloace fixe de producție*, iar altele (locuințe, școli, spitale, teatre, cluburi și alte obiecte social-culturale) a unor *mijloace fixe neproductive*, precum și din extinderea celor existente.

Toate lucrările de construire și extindere a clădirilor și diferitelor construcții se numesc *lucrări de construcții*, iar prin *lucrări de montaj* se înțeleg lucrările de asamblare, instalare și echipare cu dispozitive de deservire necesare pentru punerea în funcțiune a mașinilor și utilajelor.

Prin *industria construcțiilor* se înțelege totalitatea organizațiilor de construcții și montaj, care dispun de o dotare tehnică modernă, de cadre permanente de muncitori și specialiști de înaltă calificare și care realizează producția de construcții prin *metode industriale*.

Începînd din anul 1948 producția de construcții a cunoscut în țara noastră, un total și esențial proces de transformare continuă, ilustrat îndeosebi prin creșterea impresionantă a producției, industrializarea construcțiilor și folosirea celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii construcțiilor. Constructorii români au realizat în 1970 un volum al producției de construcții-montaj de circa 11 ori mai mare decît în 1950, iar pentru cincinalul 1976–1980 se prevede un volum de investiții de 920–960 miliarde lei, din fondurile statului, iar producția de construcții-montaj va prezenta în 1980 o creștere de circa 1,5 ori față de 1975.

Liniile directoare ale dezvoltării economico-sociale a României pentru perioada 1981–1990 au în vedere o creștere a volumului investițiilor pe economie de peste două ori față de perioada 1971–1980.

Înfăptuirea în ritm rapid a acestui volum atît de mare de construcții pune în fața constructorilor sarcina de a lua toate măsurile pentru a construi *cît mai mult, mai repede și de calitate mai bună*, perfecționînd neîncetat întreaga lor activitate și introducînd atît structuri, concepții și metode de calcul, tehnologii și metode de organizare avansate, cît și materiale moderne, noi și eficiente.

Formarea profesională și activitatea practică a unui inginer constructor, specialist de înaltă calificare, trebuie să corespundă sarcinilor trasate de Partidul Comunist Român, cunoștințele sale tehnice, teoretice și practice trebuie să fie la nivelul celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii mondiale și să cuprindă toate problemele multiple și complexe, ale domeniului său de activitate, probleme prevăzute cu toată atenția în planurile de învățămînt ale facultăților de construcții.

Partea întîi

ELEMENTE GENERALE DE TEORIA, SIGURANȚA ȘI TEHNICA CONSTRUCȚIILOR

Capitolul 1

GENERALITĂȚI. ALCĂTUIREA GENERALĂ A CONSTRUCȚIILOR

1.1. CLASIFICAREA CONSTRUCȚIILOR. CERINȚE FUNCȚIONALE

Construcțiile sînt produse *imobile*, care se folosesc numai acolo unde au fost create, fiind legate direct de teren. Pămîntul servește întotdeauna ca fundație pentru construcții, dar uneori constituie și parte integrantă a construcției (de exemplu, la terasamente, canale etc.).

1.1.1. CLASIFICAREA CONSTRUCȚIILOR

În construcții se folosesc diverse clasificări în funcție de obiectivele urmărite: proiectare, prescripții tehnice, evidență economică sau statistică, planificarea și organizarea lucrărilor, documentare etc. Clasificarea contribuie în mod deosebit la alegerea soluțiilor raționale și economice în proiectare prin diversificarea condițiilor și soluțiilor tehnice pentru fiecare tip de construcție (acțiuni, regim de exploatare, durată de serviciu, rezistență la foc, calitate etc.) în funcție de destinație, criteriul complex al calității, gradul de durabilitate al construcțiilor și de alte criterii.

Omogenitatea clasificării se asigură prin gruparea construcțiilor asemănătoare prin elementele principale comune de proiectare și execuție.

De obicei, clasificările se fac în mai multe trepte de detaliere, ca în cazul clasificării CAER pentru documentare în domeniul clădirilor și construcțiilor inginerești, prin împărțirea succesivă a treptelor în zece grupe pe baza principiilor de clasificare zecimală.

În clasificarea funcțională sau după destinație se grupează construcțiile asemănătoare din punctul de vedere al cerințelor funcționale și al amplasamentului geografic. Din acest punct de vedere, construcțiile se împart în clădiri și construcții inginerești.

Clădirile sau construcțiile civile, industriale și agricole adăpostesc oameni sau alte viețuitoare, activitatea omenească și produsele muncii, de intemperiile atmosferice (viscol, ger, vînt, ploaie, arșița soarelui etc.), făcînd posibilă adaptarea la mediul geografic atît de variat și cu clime atît de diferite. La construcțiile civile, *factorul-om* impune principalele cerințe, care sînt pe întreaga suprafață a globului puțin diferite.

Construcțiile inginerești sînt toate celelalte construcții: căile de comunicații terestre, aeriene și pe apă, construcțiile hidrotehnice și subterane, liniile de transport ale energiei electrice etc.

Această clasificare funcţională se continuă cu clasificarea în alte cîteva trepte, prin adîncirea caracteristicilor specifice determinante şi reprezentative, care definesc obiectul respectiv şi se referă, de la caz la caz, la : geometrie (număr de niveluri, înălţime, deschidere, lungime etc.), soluţie constructivă (structură), amplasament, teren, materiale folosite etc.

1.1.2. CERINŢE FUNCŢIONALE. ECOLOGIE UMANĂ

Construcţiile civile şi în special locuinţele au devenit în ultimele decenii, în cea mai mare parte, produse industriale de mare serie, executate din prefabricate confecţionate în fabrici prin metode industriale. În aceste condiţii, este utilă abordarea problemei construcţiilor în acelaşi mod ca şi pentru celelalte produse industriale : se începe întotdeauna prin precizarea problemei care trebuie rezolvată, anume prin indicarea *performanţelor* (cerinţelor). Conceptul de performanţă ajută proiectarea pentru a concepe construcţii cît mai corespunzătoare cerinţelor ; orice rezolvare sau soluţie este valabilă numai dacă răspunde ansamblului cerinţelor exprimate. Prescripţiile tehnice actuale cuprind din ce în ce mai mult recomandări privind lista tuturor acestor cerinţe, ca şi nivelul lor, pentru diferite tipuri de construcţii civile în care trăiesc oameni : locuinţe, birouri, spitale, săli publice, instituţii de învăţămînt etc. Asemenea preocupări au existat întotdeauna în istoria clădirilor, dar abia în ultimii 30...40 ani, o dată cu apariţia şi dezvoltarea ştiinţelor construcţiilor, aceste recomandări au fost stabilite pe baze ştiinţifice.

Pentru cunoaşterea cerinţelor funcţionale legate de viaţa omului în clădiri, ştiinţele construcţiilor fac apel la diverse alte ştiinţe, printre care şi la noua ştiinţă a *ecologiei umane*, tot aşa după cum pentru construcţiile agrozootehnice se întrebuinţează ecologia animală sau a plantelor. Termenul de ecologie, alcătuit din cuvintele greceşti *oikos-casă* şi *logos-cuvînt, studiu*, reprezintă un grup de discipline, care se ocupă cu studiul interrelaţiilor dintre organisme şi modul lor de viaţă (biotic şi abiotic), ţinînd seamă de mediul înconjurător.

Se pot distinge diferite cerinţe funcţionale rezultate din viaţa fiziologică, psihologică şi economică a locatarilor şi anume :

— *cerinţe psiho-fiziologice*, ca : acustica, higrotermica, puritatea aerului, iluminatul şi calitatea luminii, radiaţiile, ambianţa socială, estetica, siguranţa structurilor la acţiuni mecanice, la paza contra incendiilor şi a răufăcătorilor, accesul de la calea de comunicaţie etc. ;

— *cerinţe sociologice* privind adaptarea spaţiului de locuit şi a ansamblului construcţiei la viaţa individului şi a familiei sau în interesul colectivităţii (evoluţia cerinţelor, reglementări sociale, nivelul sonor, vicierea sau poluarea aerului şi a apei etc.), ţinînd seamă de *istoria sa* şi de *zona geografică* în care sînt realizate construcţiile ;

— *cerinţe economice*, care se pot împărţi în cerinţe economice propriu-zise (cost, indici tehnico-economici etc.) şi în exigenţe de durabilitate.

Cerinţele psiho-fiziologice şi sociologice sintetizează ansamblul cerinţelor privind *aptitudinea clădirilor* pentru a fi locuite, pe scurt *condiţiile de locuibilitate* care determină siguranţa, confortul şi durabilitatea.

Unele cerinţe se pot exprima prin valori absolute ca, de exemplu, conţinutul de oxid de carbon din aerul care se respiră ; alte cerinţe, denumite cerinţe de confort care sînt legate de educaţie, tradiţie, de posibilitatea şi mijloacele materiale, nu se pot exprima decît prin valori relative faţă de o valoare etalon. În general, prescripţiile tehnice din diferite ţări prevăd trei niveluri de confort : modest, mediu şi superior, considerate azi ca suficiente pentru majoritatea cerinţelor funcţionale. Asociaţia americană de sănătate consideră patru niveluri : a nu muri ; a nu fi bolnav ; a fi în condiţii de muncă eficace; a fi în condiţii agreabile.

De asemenea, trebuie cunoscute principalele date exterioare cu privire la mediul înconjurător şi anume :

— *date naturale*, cum sînt cele climatice : temperatura şi îngheţul, higrometria, vîntul, însorirea sau nebulozitatea, ploaia sau zăpada, datele geotehnice, seismice etc. ;

— *date impuse de prezenţa şi acţiunea omului* în aglomeraţie : nivelul acustic exterior, vicierea atmosferică, fenomene luminoase jenante, evacuarea apelor menajere şi a gunoaielor etc.

Pe de altă parte, orice clădire nu poate corespunde cerinţelor din categoria sa, dacă nu sînt respectate *condiţiile normale de bună exploatare*.

Cerinţele funcţionale, datele exterioare şi condiţiile de exploatare reprezintă ansamblul elementelor a căror rezolvare ştiinţifică este necesară pentru concepţia de ansamblu a construcţiei. Cerinţele funcţionale pentru diferite tipuri de construcţii indicate în prescripţiile oficiale se îmbunătăţesc odată cu ridicarea generală a nivelului de viaţă socială, în funcţie de posibilităţi şi se completează odată cu dezvoltarea generală a ştiinţelor.

1.2. ALCĂTUIREA GENERALĂ A CONSTRUCŢIILOR CIVILE

Alcătuirea generală a construcţiilor civile a fost influenţată în întreaga evoluţie a istoriei construcţiilor de nivelul forţelor de producţie şi de proprietăţile materialelor de construcţie disponibile în fiecare epocă istorică. Timp de peste cinci milenii, materialele de construcţie au fost piatra, lemnul şi produsele ceramice (betonul a fost utilizat de romani numai ca material de umplutură), materiale cu posibilităţi tehnice limitate (piatra, cărămida şi betonul nu pot prelua tensiuni, lemnul este combustibil şi necesită îmbinări relativ dificile).

De abia după impresionanta dezvoltare a ştiinţei şi tehnicii, odată cu descoperirea şi utilizarea în ultimele două secole a unor noi materiale de construcţie, cu proprietăţi fizico-mecanice superioare, cum sînt oţelul, betonul armat şi precomprimat, materialele plastice etc., s-a putut trece la o concepţie ştiinţifică privind alcătuirea generală a construcţiilor civile, ţinîndu-se seama de principalii factori determinanţi.

1.2.1. PRINCIPALII FACTORI DETERMINANŢI ÎN CONCEPŢIA ŞI ALCĂTUIREA CONSTRUCŢIILOR

Construcţiile sînt menite a crea condiţii optime pentru adăpostirea şi desfăşurarea activităţii şi vieţii omeneşti, ţinînd seama de condiţiile impuse de natura sau mediul înconjurător în mijlocul căruia se execută (teren, climă etc.).

De aceea, factorii principali care determină concepţia, alcătuirea şi modul de execuţie a construcţiilor sînt, în general, omul, activitatea omenească şi natura.

1.2.1.1. **Factorul-om.** Omul necesită în orice punct de pe suprafaţa globului aproape aceleaşi condiţii fiziologice-igienice (temperatură, umiditate şi viteză a aerului în încăperi, lumină, nivel sonor etc.), determinate de anatomia şi fiziologia sa, în vederea asigurării celor mai bune condiţii de sănătate, percepţie, muncă, odihnă şi recreere.

1.2.1.2. **Factorul-activitate omenească.** Activitatea omenească pentru care este destinată construcţia capătă aspecte din ce în ce mai diferite şi determină cerinţe funcţionale din ce în ce mai variate. Diversitatea acestor cerinţe funcţionale sporeşte neîncetat odată cu dezvoltarea economică şi cu progresul tehnic al societăţii, odată cu specializarea producţiei, dezvoltarea şi crearea de noi ramuri ale activităţii omeneşti. Cerinţele funcţionale se precizează, de obicei, prin elementele procesului tehnologic al activităţii omeneşti pentru care este destinată construcţia şi prin cerinţele prezentate la punctul 1.1.2.

Procesul funcţional sau cerinţele funcţionale caracterizate de factorul-om şi de activitatea omenească, determină :

— *utilizarea spaţiului*, adică modul de distribuire (forme, dimensiuni) şi de legătură pe orizontală şi pe verticală a spaţiilor şi volumelor construcţiilor, care sînt precizate şi de considerentele de ordin urbanistic şi arhitectonic. Compoziţia depinde de următorii factori principali, care acţionează în comun : gruparea spaţiilor interioare, utilajul şi gradul de confort din construcţii, condiţiile exterioare şi locale ;

— *acţiunile mecanice, fizice, chimice şi uneori biologice* exercitate asupra construcţiilor.

1.2.1.3. **Factorul-natură.** Natura exercită asupra construcţiilor, de asemenea, acţiuni mecanice, fizice, chimice şi biologice deosebit de variate, datorită atît datelor geografice ale amplasamentelor construcţiilor (teren : geologie şi geomorfologie, relief, hidrografie, seismicitate ; climă : vînt, temperatură, precipitaţii etc. ; faună ; zăcăminte de materii prime ; materiale locale etc.) atît de diferite pe suprafaţa globului, împărţit în zone climaterice, regiuni şi raioane fizico-geografice, cît şi caracteristicilor geotehnice ale pămîntului de fundaţie.

Acţiunea eoliană şi seismică, prin excelenţă acţiuni dinamice, reprezintă caracteristici deosebit de importante ale *mediului mecanic climatic*, constituit în întregime din numeroase alte acţiuni ale naturii (mediului înconjurător).

Factorii enumeraţi trebuie să fie astfel coordonaţi încît construcţia în ansamblu să reprezinte un tot unitar, care să satisfacă şi exigenţele de *ordin estetic*, cu atît mai mult cu cît unele construcţii sînt adevărate mesagii pentru generaţiile viitoare.

Ca orice element viu, fiinţele omeneşti pot supravieţui pe glob numai atîta timp cît mediul înconjurător corespunde nevoilor lor de existenţă.

În ţara noastră, astăzi sînt legiferate apărarea şi conservarea mediului înconjurător, astfel că industrializarea, ca şi întreaga dezvoltare a ţării se realizează fără ca ele să dăuneze mediului înconjurător şi deci vieţii, sănătăţii şi muncii locuitorilor săi.

Construcţiile civile adăpostesc variate procese funcţionale, care se pot grupa după indici spaţiali (de suprafaţă şi volum), calităţi de exploatare şi confort etc., astfel :

— *procese funcţionale cu un număr redus de oameni*, ca : găzduirea bolnavilor, cazarea muncitorilor, elevilor şi studenţilor etc., care necesită încăperi asemănătoare, deci *distribuţii celulare* şi condiţii optime de temperatură (18...20°C), umiditate relativă a aerului (30...40 %), izolaţie şi iluminare naturală. Distribuţiile celulare se folosesc şi pentru clădiri administrative, unele magazine etc. cu regim normal de exploatare (temperatură 16...18°C şi umiditatea relativă a aerului 60...80 %), precum şi pentru clădiri de locuit (fig. 1.1) ;

— *procese funcţionale cu un număr mare de oameni*, vizitatori, spectatori, necesitînd *spaţii mari*, ca de exemplu : teatre, cinematografe, expoziţii, săli sportive, săli de curs, amfiteatre etc. (fig. 1.2.). La aceste procese nu se foloseşte, de obicei, iluminarea naturală ; clădirea se prevede cu iluminare artificială şi instalaţii de condiţionarea aerului (temperatura de 15...18°C şi umiditatea relativă a aerulu de 50...60 %) ;

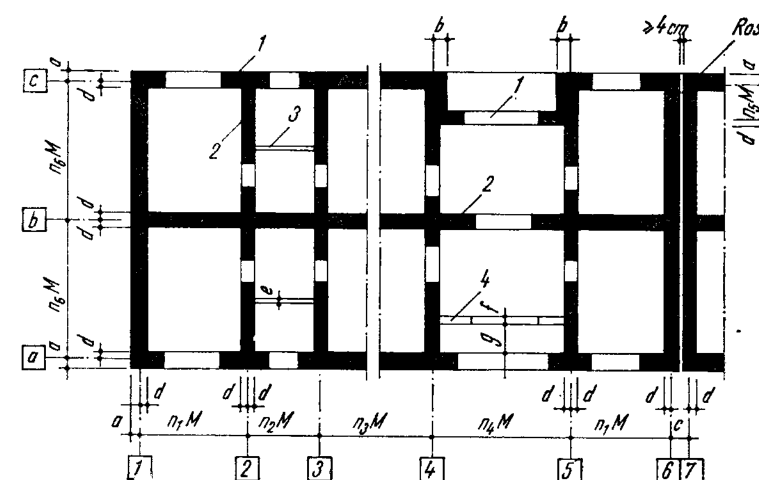


Fig. 1.1. Plan modulat de arhitectură pentru o clădire de locuit cu distribuţie celulară şi pereţi portanţi din panouri mari de beton :

n_1M ... n_6M – cote modulate ; *a*...*g* – cote nemodulate ; *1* – perete exterior portant ; *2* – perete interior portant ; *3* – perete despărţitor neportant ; *4* – perete interior neportant (Proiect I.S.L.G.C., 1974).

— *procese funcţionale diverse* constînd dintr-o serie de procese izolate, care necesită spaţii diferite ca mărime şi climat interior, cum sînt : gările, băile, spălătoriile, cluburile, bibliotecile etc. Pentru aceste procese funcţionale se folosesc *distribuţii spaţiale combinate* din săli mari şi încăperi cu distribuţie celulară (fig. 1.3. şi 1.4) ;

— *procese funcţionale în aer liber*, care necesită construcţii sau amenajări descoperite (stadion, velodrom, hipodrom etc.) şi se desfăşoară cu aglomeraţii mari de oameni.

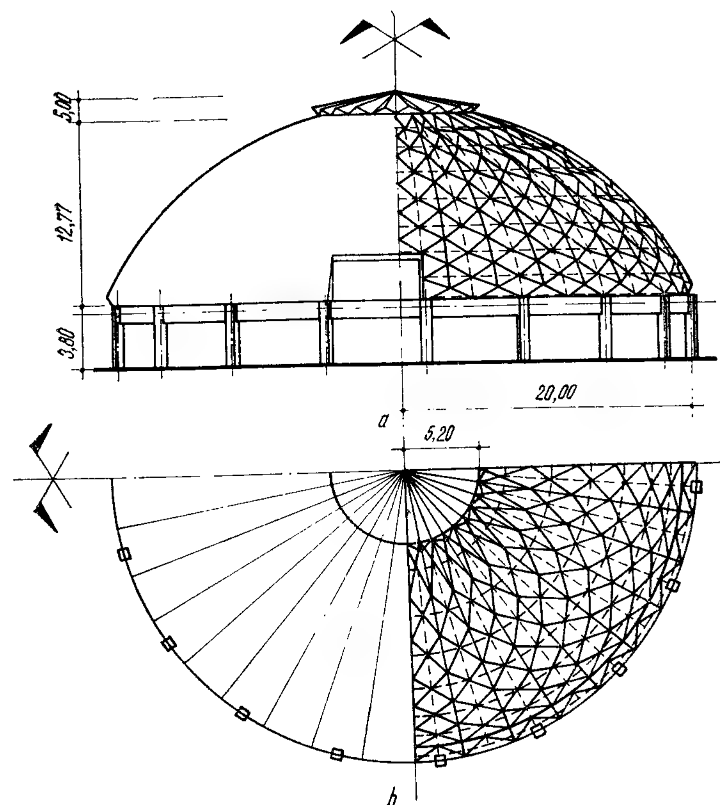


Fig. 1.2. Clădirea sală *Aquarium* din Tokio, cu acoperişul în formă de cupolă din ferme spaţiale din ţevi de aluminiu anticorosiv în atmosferă marină :
a — elevaţie; *b* — plan.

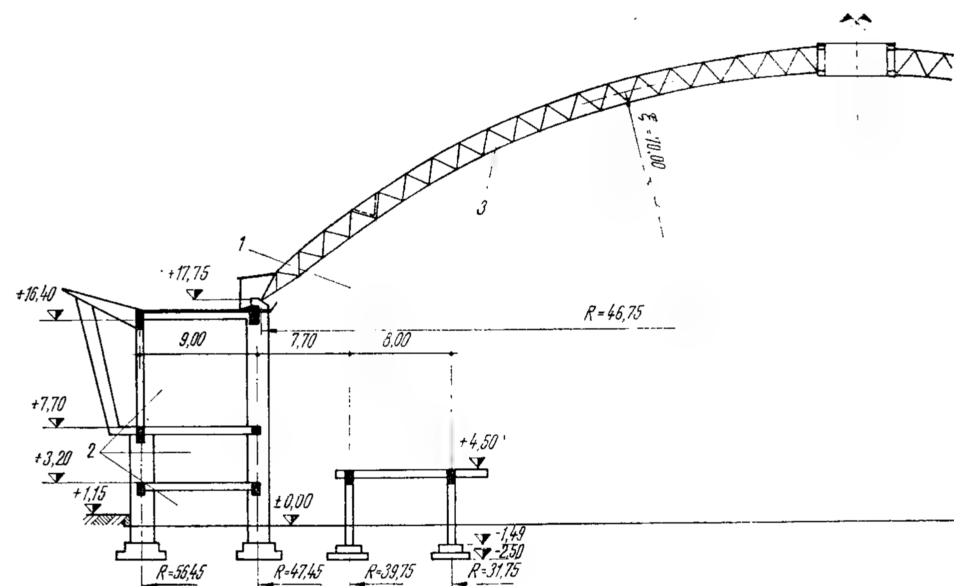
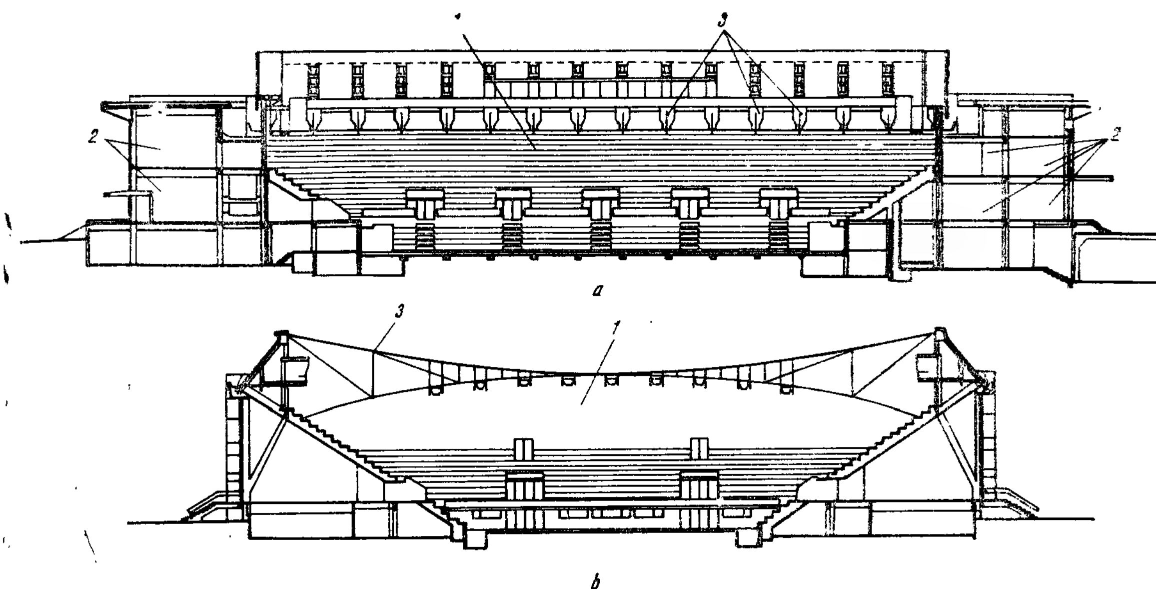


Fig. 1.3. *Pavilionul Expoziţiei Naţionale* din Bucureşti, clădire cu distribuţii spaţiale combinate (proiect I.P.C.M.C. şi I.P. Timişoara; conducere proiect Acad. prof. ing. D. Mateescu):
1 — sală mare cu utilizări multiple (polivalentă); *2* — încăperi celulare; *3* — arce cu secţiune transversală triunghiulară, cu înălţimea de 2,1 m.



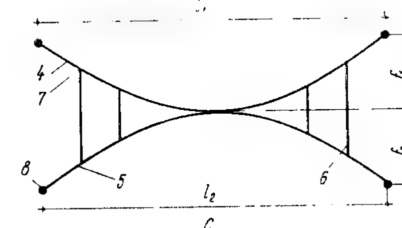


Fig. 1.4. *Palatul Sporturilor şi Culturii* din Bucureşti (proiect I.S.L.G.C.; conducere proiect ing. N. Laszlo):
a — secţiune longitudinală; *b* — secţiune transversală; *c* — schema acoperişului suspendat cu ferme din cabluri; *1* — sală mare, cu utilizări multiple (polivalentă); *2* — încăperi celulare; *3* — ferme din cabluri; *4* — cablu portant; *5* — cablu întinzător; *6* — montant; *7* — nod; *8* — ancorare la structura de margine.

1.2.3. TIPURI PRINCIPALE DE CONSTRUCŢII CIVILE

În varietatea de construcţii civile se pot distinge patru tipuri principale, deosebite prin particularităţi funcţionale, constructive şi tehnico-economice.

1) *Construcţii cu distribuţii celulare şi pereţi portanţi* (v. fig. 1.1.) avînd, de obicei iluminare naturală : grădiniţe, şcoli, magazine mici, dispensare, locuinţe etc. Structura de rezistenţă curent folosită constă din pereţi portanţi şi planşee plane prefabricate. Forma în plan a acestor clădiri cu puţine niveluri este de obicei, un dreptunghi sau o asociere de dreptunghiuri.

2) *Construcţii cu distribuţii celulare şi schelet de rezistenţă* alcătuite în plan dintr-una sau mai multe încăperi, care se repetă, cum sînt cele de la punctul *1*, precum şi spitale, magazine universale, birouri; sînt clădiri mari, cu mai multe niveluri (în jur de 10) sau clădiri înalte (peste 15...20 niveluri), în general, cu aceeaşi înălţime pe nivel, cu lăţimi relativ mici şi cu pereţi despărţitori amplasaţi între stîlpii scheletului metalic, din beton armat sau din beton precomprimat. Reţeaua stîlpilor este influenţată de dimensiunile încăperilor (fig. 1.5). Există în prezent tendinţa de a se folosi aceste tipuri de structuri de rezistenţă din ce în ce mai mult pentru construcţiile civile importante ca hoteluri, birouri, clădiri publice etc., cu reţele de stîlpi de deschideri mari 6 × 6; 9 × 9; 9 × 12; 12 × 12 sau 18 × 18 m, ceea ce permite proiectarea unor partiuri de arhitectură cu mare elasticitate şi adoptarea pentru structura de rezistenţă a unor

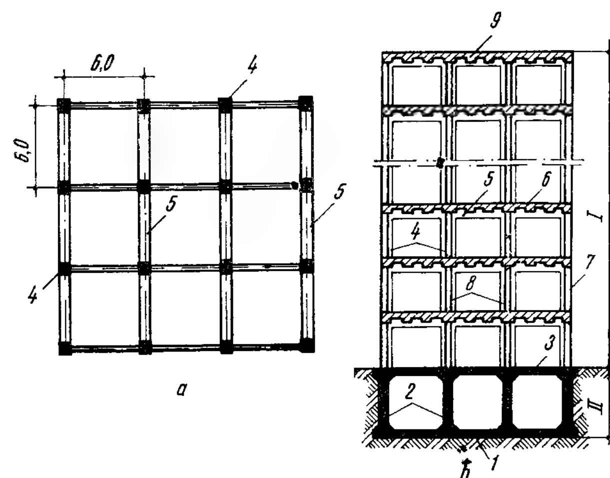


Fig. 1.5. Structuri în cadre, folosite pentru clădiri cu distribuţie celulară :

a – plan ; *b* – secţiune ; *1* – fundaţie ; *2* – elemente portante ale subsolului ; *3* – planşeu peste subsol ; *4* – stîlpi de cadru ; *5* – riglă de cadru ; *6* - planşeu între etaje ; *7* – pereţi exteriori ; *8* - pereţi interiori ; *9* – planşeu de acoperiş ; *I* – suprastructură ; *II* – infrastructură.

elemente prefabricate de serie, corelate cu cele folosite la o gamă mai largă de construcţii civile sau industriale. În acest caz, asemenea clădiri ajung la dimensiuni mari în plan, cu lungimi şi lăţimi de zeci de metri, cum este, de exemplu, imobilul Kamusigasaki dinTokio, proiectat de K. M u t o, cu dimensiuni în plan de 84,00×42,90 m şi înălţime de 150 m, avînd 36 etaje. Capacitatea mare a construcţiei necesită măsuri speciale de transport pe verticală, de evacuare în caz de incendiu şi un grad ridicat de dotare tehnică.

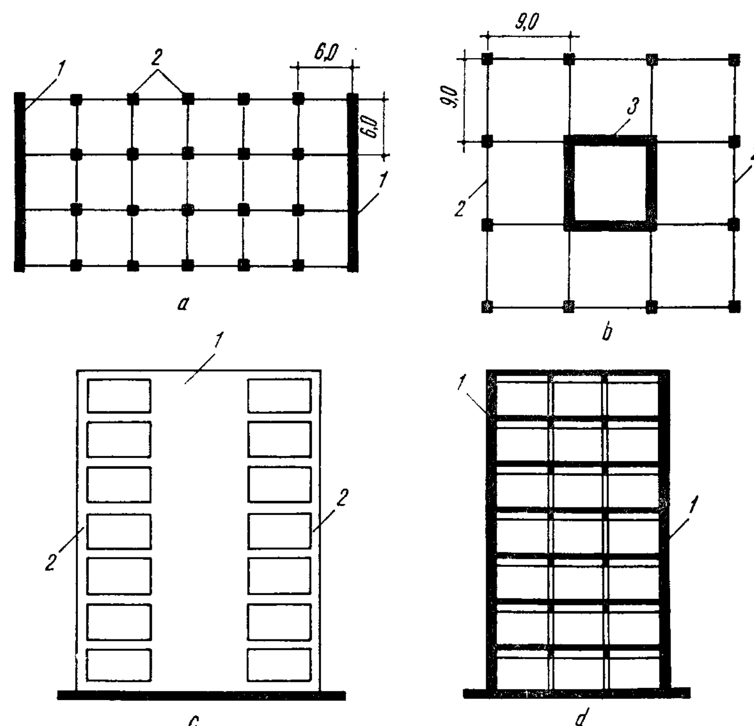


Fig. 1.6. Structuri mixte, din cadre cu diafragme, pentru clădiri cu distribuţie celulară :

a – plan structură cadre cu diafragme de timpan ; *b* – plan structură stîlpi şi nucleu (sîmbure) central din diafragme ; *c* ; *d* – secţiuni structuri mixte din cadre şi diafragme ; *1* – diafragme ; *2* – cadre ; *3* – nucleu central.

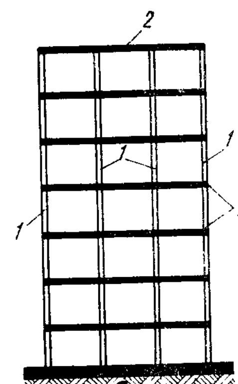


Fig. 1.7. Secţiune prin structură cu stîlpi şi dală groasă :

1 – stîlpi ; *2* – dală groasă.

Paralel cu structurile în cadre se utilizează din ce în ce mai mult structurile mixte, alcătuite din cadre şi diafragme (fig. 1.6) sau structuri cu stîlpi şi dală groasă (fig. 1.7).

3) *Construcţii sală*, avînd la baza formei un singur spaţiu mare, care necesită un acoperiş de deschidere mare, de exemplu : Palatul Sporturilor şi Culturii din Bucureşti, cu acoperişul rezolvat cu ferme din cabluri (v. fig. 1.4).

4) *Construcţii combinate dintr-una sau mai multe săli mari şi alte încăperi cu distribuţie celulară*, de exemplu : săli de sport acoperite, săli de spectacole, de expoziţii etc. (v. fig. 1.3). Porţiunea de clădire cu distribuţie celulară poate fi cu schelet de rezistenţă, cu pereţi portanţi, cu structură mixtă sau din stîlpi şi dală groasă.

Stadioanele, bazinele de înot, hipodromurile etc. sînt construcţii descoperite, alcătuite, în principal, dintr-o arenă şi tribune, care se pot executa din lemn, pămînt, zidărie, beton, beton armat monolit sau precomprimat, elemente prefabricate sau structuri mixte.

1.2.4. ELEMENTE ŞI LUCRĂRI DE CONSTRUCŢII. CAPITOLE DE LUCRĂRI

Orice clădire este alcătuită dintr-o serie de elemente de construcţie, îndeplinind roluri sau funcţii bine definite în ansamblul construcţiei. Clădirile sînt executate de muncitori de specialităţi diferite, din materiale diverse şi cu structuri corespunzătoare pentru satisfacerea în cele mai bune condiţii a cerinţelor tehnico-economice.

Principalele elemente de construcţii componente ale unei clădiri sînt : elemente de rezistenţă portante (verticale sau orizontale), elemente de contravîntuire, despărţitoare, de finisaj etc.

1.2.4.1. **Elemente de rezistenţă.** Asigură rezistenţa, rigiditatea şi stabilitatea construcţiei, alcătuind structura de rezistenţă a clădirii compusă din : fundaţii, ziduri, stîlpi, planşee, şarpanta acoperişului şi elemente de circulaţie pe verticală (scări, planuri înclinate etc.). Elementele de rezistenţă îndeplinesc de cele mai multe ori şi funcţiunea de element despărţitor (pereţii portanţi, planşeele etc.).

Printre elementele de rezistenţă se deosebesc :

— *elemente portante verticale*, care suportă şi transmit forţele sau acţiunile verticale, gravitaţionale (acţiuni permanente, acţiuni utile datorate procesului de exploatare etc.) pînă la fundaţii şi la terenul de fundaţie. Elementele portante verticale sînt : stîlpii, pilaştrii, coloanele, contraforţii de diferite forme şi din diferite materiale (zidărie, beton armat, beton precomprimat, oţel etc.) ; diafragmele sub formă de pereţi, sîmburi sau nuclee de zidărie, de beton monolit sau din elemente prefabricate, nearmate, armate sau precomprimate ; bolţile sau arcele de descărcare peste goluri în pereţi ; cadrele şi cadrele-diafragmă etc ;

— *elemente portante orizontale*, care suportă acţiunile verticale gravitaţionale şi le transmit structurii de rezistenţă verticale : planşeele dintre etaje sau de

acoperiș ; structurile plane speciale cu rigiditate în plan orizontal (cadre orizontale, grinzi și grinzi-pereți dispuse orizontal, sisteme orizontale triangulate) ; fundațiile de diferite forme (fundații izolate sau continue, radier general etc.) ;

— *elemente de contravîntuire*, care preiau și transportă forțele orizontale (vînt, în unele cazuri seisme) pînă la terenul de fundație, asigurînd rigiditatea structurii sau a unei părți din structură la forțe laterale. În acest scop, elementele de contravîntuire trebuie să împiedice și să reducă cît mai mult deplasările orizontale ale structurii datorate acțiunilor orizontale. Ca elemente specifice de contravîntuire se pot menționa : stîlpi și cadre de contravîntuire ; grinzi cu zăbrele în poziție verticală sau numai contrafișe ; pereți de rigidizare sau nuclee centrale etc. Dimensionarea elementelor de contravîntuire se face pe bază de criterii de rigiditate, de exemplu, prin limitarea deplasării orizontale, deci a săgeții, de la vîrful structurii, datorită acțiunilor laterale în cadrul unor valori admise. Se pot admite pentru săgeata maximă de la vîrful structurii, provenită din încărcările orizontale, valori mai mici sau egale cu 1/500...1/1 000 din înălțimea structurii de deasupra fundațiilor, sau chiar valori mai mari decît 1/500 pînă la 1/300, în funcție de natura structurii, nivelul metodelor de calcul adoptate, exigența prescripțiilor tehnice din țara respectivă etc.

Se menționează că principalele elemente de rezistență sînt solicitate atît de forțe verticale, cît și de forțe orizontale, cum sînt, de exemplu, planșeele, care lucrează ca placă și diafragmă orizontală sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale sau pereții portanți, de rezistență pentru încărcările verticale, care îndeplinesc deseori și funcțiunea de pereți de contravîntuire pentru preluarea și transmiterea acțiunilor laterale, orizontale (vîntul, uneori cutremurul) la terenul de fundație.

Elementele de rezistență, verticale și orizontale, se pot grupa în două părți principale ale structurii de rezistență a unei construcții (v. fig. 1.5, *b*) :

— *suprastructura*, care cuprinde ansamblul elementelor de rezistență din structură, verticale, orizontale sau înclinate, situate deasupra nivelului terenului, a cărei alcătuire și metodă de calcul se determină ținîndu-se seama de interacțiunea dintre structură și acțiunile verticale și orizontale. În cazul încărcărilor laterale din vînt, problema capătă aspecte complexe din cauza interacțiunii a trei medii : structură, mediu înconjurător (topografie, rugozitate etc.) și aerul în mișcare, sub formă de vînt ;

— *infrastructura*, care cuprinde ansamblul complex al elementelor de rezistență, situate sub nivelul terenului, alcătuit, în principal, din subsoluri și fundații. Concepția și calculul infrastructurii trebuie să țină seamă de interacțiunea complexă dintre infrastructură cu terenul de fundație și cu suprastructura, toate trei reprezentînd corpuri solide, diferite din punctul de vedere al comportării și conlucrării mecanice.

1.2.4.2.. **Elemente despărțitoare.** Sînt elemente de închidere sau compartimentare care despart încăperile clădirii între ele și interiorul clădirii de atmosfera înconjurătoare. Elementele despărțitoare pot fi : verticale, cum sînt pereții neportanți sau de umplutură (interiori sau exteriori) sau orizontale precum planșeele sau acoperișurile. Elementele de izolare intră, de obicei, în alcătuirea elementelor despărțitoare.

1.2.4.3. **Elemente sau lucrări de finisaj.** Servesc pentru a da construcțiilor un aspect estetic, completează uneori alcătuirea constructivă și comportarea elementelor de construcție din punctul de vedere al condițiilor tehnice capitale, mecanice, fizice, chimice și uneori biologice. Finisajele cuprind : pardoseli, tîmplărie, geamuri, tencuieli exterioare și interioare, placaje, zugrăveli și vopsitorii etc.

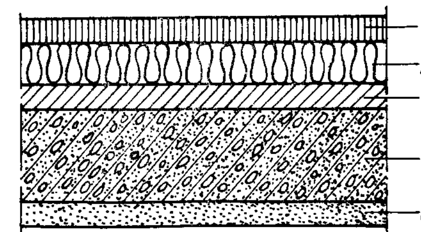


Fig. 1.8. Subansamblu — planșeu :

1 — strat de uzură sau de circulație ; *2* — strat izolant fonic ; *3* — strat de egalizare ; *4* — planșeu de rezistență ; *5* — tavan (strat de finisaj, rezistent la foc, absorbant fonic, reflectant de lumină sau barieră de vapori).

Elementele de rezistență și despărțitoare împreună cu cele de finisaj aferente se denumesc uneori *complexe* sau *subansambluri* cînd îndeplinesc împreună funcțiuni complexe. De exemplu, subansamblul planșeu din figura 1.8 este alcătuit din planșeul de rezistență, tavanul gata finisat și pardoseala (stratul de circulație, stratul izolant fonic, de egalizare etc.).

1.2.4.4. **Detalii de decorație, ornamente.** Sînt elemente secundare care completează elementele principale de construcție în scopul înfrumusețării și în același timp al îmbunătățirii comportării lor la agenții exteriori (lăcrimare, brîie, ancadramente din fațade etc.).

Elementele de construcție au pondere diferită în alcătuirea construcțiilor ca preț, greutate, consum de manoperă etc.

În afară de elementele și lucrări de construcții, orice clădire cuprinde *elemente și lucrări de instalații*, prin care se asigură confortul și igiena. Lucrările de instalații necesare pentru buna funcționare a clădirii sînt : de încălzire, tehnico-sanitare (apă caldă sau rece, canalizare, crematorii pentru arderea gunoaielor și deșeurilor), electrotehnice (iluminare artificială, sonerii, telefoane etc.), de ventilație (ventilație artificială, condiționare aer), de ascensoare etc. Utilajele tehnologice nu sînt cuprinse în instalații, chiar dacă necesită lucrări de montaj, care fac parte din devizul lucrării. Elementele și lucrările de construcții și instalații sînt diferite în funcție de destinația construcției, de condițiile tehnico-economice cerute pentru fiecare construcție în parte etc.

Capitolele de lucrări reprezintă totalitatea lucrărilor de construcții executate la o clădire, care se aseamănă prin forțele și mijloacele de muncă folosite (materiale, utilaje, scule), precum și prin funcțiunile pe care le îndeplinesc în clădiri, dar care pot fi executate la epoci diferite de timp și în diferite locuri în spațiul clădirii. Capitolele de lucrări sînt : zidăriile, tencuielile, dulgheria, tîmplăria, confecționarea și montarea armăturii, turnarea betonului, montarea elementelor prefabricate etc. Ele sînt folosite la întocmirea devizelor, reprezentînd părțile principale ale normelor de deviz.

1.3. CONDIȚII TEHNICE PENTRU CONSTRUCȚII. CALITATEA CONSTRUCȚIILOR

1.3.1. CONDIȚII TEHNICE PENTRU CONSTRUCȚII ȘI ELEMENTE DE CONSTRUCȚII

V i t r u v i u recomandă în lucrarea *Despre arhitectură* ca la proiectarea construcțiilor să stea la bază ideea unității a trei atribute : *soliditate*, *utilitate* și *frumusețe* (*firmitas*, *utilitas*, *venustas*). El nu menționează nimic despre atributele economice ale construcțiilor, indispensabile în condițiile actuale ale producției lor industriale, de masă.

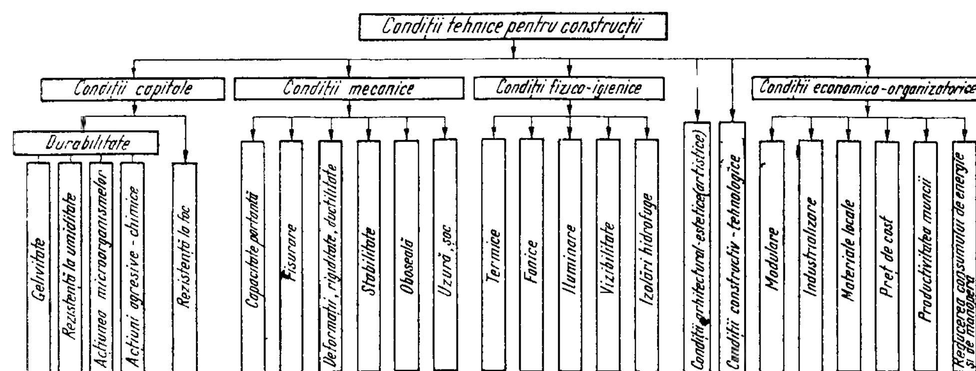


Fig. 1.9. Condiții tehnice pentru construcții și elemente de construcții.

Fiecare construcție sau element de construcție trebuie să satisfacă, pe lîngă principiile urbanistice, de distribuție și plastică arhitectonică, care se studiază în cadrul altor discipline, un ansamblu de condiții sau cerințe tehnico-economice, dintre care cele mai importante sînt prevăzute în schema din figura 1.9.

1.3.1.1. **Condiții capitale.** Sînt legate de durabilitatea elementelor de construcție, adică de rezistența lor la foc și la acțiunile distrugătoare ale mediului înconjurător (îngheț-dezgheț, umiditate, acțiunea biologică a microorganismelor și acțiunea agenților chimici agresivi).

1.3.1.1.1. *Durabilitatea construcțiilor.* Se caracterizează prin durabilitatea principalelor elemente de construcție, determinată prin durata lor de funcționare normală, fără pierderea calităților necesare de exploatare și care poate fi, de regulă: *ridicată*, de gradul I, cu durată de funcționare mai mare de 100 ani; *mijlocie*, de gradul al II-lea, cu durată de funcționare între 50 și 100 ani; *obișnuită*, de gradul al III-lea, cu durată de funcționare între 20 și 50 de ani. Elementele de construcție cu durabilitate redusă au durata de funcționare mai mică de 20 de ani și se folosesc numai la construcții provizorii sau semipermanente.

Gradele de durabilitate ale elementelor de construcții pentru clădiri cu diferite destinații sînt indicate în prescripțiile tehnice de proiectare.

Durabilitatea construcțiilor rezidă în rezistența elementelor și a materialelor de construcții la acțiunea înghețului, a umidității, a microorganismelor și a mediilor agresive.

1) *Rezistența la îngheț-dezgheț sau gelivitatea materialelor și elementelor* se caracterizează prin numărul de cicluri de îngheț-dezgheț (suportate în condiții precizate) a produsului saturat cu apă, cu păstrarea calităților sale de exploatare (limitarea pierderilor din rezistență sau din greutate, a modificărilor de formă, dimensiuni și structură etc.). De exemplu, betoanele întărite se clasifică în betoane cu grade de gelivitate: G_{15}; G_{25}; G_{50}; G_{100} și $>G_{100}$.

2) *Rezistența la umiditate a materialelor* se caracterizează prin rezistența față de acțiunea distructivă a umidității, care se manifestă prin scăderea rezistențelor și apariția deformațiilor (umflare, deformare, apariție de fisuri, exfoliere). Rezistența mecanică la umiditate se poate aprecia cu ajutorul *coeficientului de înmuiere*, care este raportul dintre rezistența probei de material saturat cu apă și a probei de material uscat la aer. Protejarea elementelor de construcție la umiditate se asigură prin izolări hidrofuge și bariere contra vaporilor.

3) *Rezistența la acțiunea biologică a microorganismelor* se caracterizează prin rezistența produselor față de acțiunea distructivă a proceselor biologice, care se

întîlnesc mai ales la materialele organice și la cele de natură minerală, măcinate, fibroase sau poroase.

4) *Rezistența la coroziune* se caracterizează prin rezistența produselor față de acțiunea distructivă a agenților din mediul înconjurător agresiv (fum, gaze, lichide, curenți vagabonzi etc.) și este influențată de gradul de finisare și de protecție a elementului de construcție.

1.3.1.1.2. *Grad de rezistență la foc.* Prin grad de rezistență la foc a unei construcții se înțelege capacitatea construcției de a rezista la solicitările termice și mecanice produse în timpul și din cauza incendiilor. Construcțiile se clasifică în 5 grade de rezistență la foc, în funcție de categoria de combustibilitate și limita de rezistență la foc a principalelor elemente componente. În prescripții sînt indicate condițiile minime pe care trebuie să le îndeplinească elementele principale ale unor construcții pentru încadrarea lor într-un anumit grad de rezistență la foc. Gradul de rezistență la foc a întregii clădiri este determinat de elementul principal de construcție a cărui comportare corespunde celui mai redus grad de rezistență la foc. Elementele de construcție se caracterizează din punctul de vedere al rezistenței la foc prin categoria lor de combustibilitate și prin limita lor de rezistență la foc.

1) Combustibilitatea unui element de construcție este determinată de natura materialului și de structura sa. Materialele și elementele de construcție se împart din punctul de vedere al combustibilității în trei categorii:

— *incombustibile*, care nu ard (pietre naturale, agregate, zgură, mortare și betoane, sticlă, elemente de construcție din oțel, din beton armat, din zidărie etc.);

— *greu combustibile* (*semicombustibile*), care se aprind greu, ard fără flacără sau se carbonizează numai în prezența unei surse exterioare de căldură. Arderea sau carbonizarea încetează după îndepărtarea sursei de căldură. Proprietatea de semicombustibilitate poate fi naturală sau dobîndită pentru un anumit timp, printr-un mijloc de protecție. Elementele greu combustibile sînt și acelea executate din materiale combustibile protejate prin tencuire sau acoperire cu alte materiale incombustibile (lemn ignifugat, stabilit, elemente de lemn sau stufit tencuite pe ambele părți, chirpici cu greutatea volumetrică de minimum 9 000 N/m³ etc.);

— *combustibile*, care pot fi aprinse și ard mai departe cu sau fără flacără, chiar după ce sursa de căldură a fost îndepărtată (lemn, stufit, carton bitumat etc.). Elementele de construcție combustibile, protejate cu plăci din materiale incombustibile pot fi considerate ca greu combustibile dacă se asigură o bună etanșeitate la foc a rosturilor dintre plăci.

2) Limita de rezistență la foc a unui element de construcție este perioada de timp exprimată în ore, în care acest element rezistă acțiunii unor temperaturi, care variază în timp după o curbă temperatură-timp. Elementele cedează după trecerea acestui timp, astfel:

— elementele portante își pierd capacitatea portantă sau stabilitatea;

— elementele despărțitoare (de compartimentare) își pierd capacitatea de a se opune propagării incendiului datorită prăbușirii elementului, formării de crăpături pe toată grosimea elementului sau prin atingerea unei temperaturi mai mari de 150°C pe partea opusă incendiului.

Limita de rezistență la foc a elementelor de construcție se determină prin încercări reale, în laboratoare, în care temperatura variază în conformitate cu curba temperatură-timp.

Categoria de combustibilitate și limita de rezistență la foc a elementelor uzuale de construcție sînt indicate în *Normativul republican pentru proiectarea*

şi executarea construcţiilor din punctul de vedere al prevenirii incendiilor [116], care cuprinde toate prescripţiile referitoare la rezistenţa la foc a construcţiilor, inclusiv măsurile privind evacuarea clădirilor în caz de incendiu.

1.3.1.2. **Condiţii mecanice.** Aceste condiţii se pun pentru siguranţa construcţiilor la acţiunea solicitărilor exterioare şi se exprimă prin date privind calculul structurilor şi elementelor de rezistenţă la stările limită ultime (rezistenţă sau capacitate portantă, stabilitatea poziţiei sau formei construcţiei sau elementului, oboseala pentru elementele de construcţie supuse la acţiuni oscilante sau alternante etc.) sau la stările limită ale exploatării normale (fisurare — în special pentru elemente din beton, beton armat şi beton precomprimat —, deformaţii, rigiditate). Pot exista şi alte condiţii mecanice de exploatare specifice fiecărei construcţii, de exemplu : rezistenţă la uzură, la şoc etc.

Condiţiile mecanice sînt precizate în prescripţiile tehnice în funcţie de datele naturale, cerinţele funcţionale şi de exploatare, acţiunile mecanice etc.

1.3.1.3. **Condiţii fizico-igienice.** Condiţiile fizico-igienice de exploatare sînt legate de factorii fizici externi sau din interiorul încăperilor (temperatura, viteza şi umiditatea relativă a aerului, nivelul sonor, arşiţa soarelui, variaţiile mari de temperatură, iluminarea etc.). Aceste condiţii sînt importante pentru realizarea confortului (termic, fonic, de iluminare etc.) şi a igienei în clădirile care adăpostesc viaţa şi activitatea omenească, fiind legate de anatomia şi fiziologia omului. Condiţiile de igienă privesc eliminarea cauzelor de îmbolnăvire, iar cele de confort asigură o senzaţie agreabilă şi un efort minim.

1.3.1.4. **Condiţii de ordin arhitectural-estetic.** Condiţiile artistice, de ordin arhitectural-estetic impun construcţiilor un aspect plăcut, o plastică şi o compoziţie arhitectonică corespunzătoare destinaţiei şi cadrului înconjurător, o finisare de calitate etc.

Într-adevăr, construcţiile rezolvă în primul rînd problemele cu caracter utilitar, dar ele trebuie să fie legate armonios şi de imagini estetice, artistice. Distribuţia spaţiilor şi volumelor pe verticală şi orizontală trebuie să se facă conform cerinţelor funcţionale, dar şi în conformitate cu cerinţele estetice, cu legile frumosului.

Constructorul italian N e r v i arată că : *pentru o structură, calitatea estetică fundamentală este de a reda perceptibil şi inteligibil schema sa statică, scurgerea eforturilor, de a exprima o schemă statică clară şi spontană, evidentă pentru oricine. Aceasta este, dealtfel, şi soluţia cea mai economică, o calitate intrinsecă a oricărei arhitecturi de valoare.*

1.3.1.5. **Condiţii constructiv-tehnologice şi economic-organizatorice.** Aceste condiţii privesc, în special, alcătuirea constructivă, modul de execuţie tehnologică, organizarea, economia şi industrializarea construcţiilor, asigurarea unor indicatori tehnico-economici eficienţi (creşterea productivităţii muncii, reducerea consumului de energie atît la execuţie cît şi în exploatare, reducerea preţului de cost, îmbunătăţirea calităţii lucrărilor, eliminarea muncilor manuale etc.).

1.3.2. SIGURANŢA CONSTRUCŢIILOR

În general, prin îndeplinirea condiţiilor de la paragrafele 1.3.1.1. şi 1.3.1.2. se realizează *siguranţa şi durabilitatea* în timp a construcţiilor, iar prin îndeplinirea condiţiilor de la paragrafele 1.3.1.3. şi 1.3.1.4. se asigură *confortul* construcţiilor, promovat, în special, pentru satisfacerea condiţiilor igienice şi estetice în clădiri.

Termenul de siguranţă este folosit în construcţii uneori cu un conţinut mai larg, care cuprinde siguranţa la acţiunea încărcărilor, dar şi siguranţa la acţiunea focului, a trăznetului, a circulaţiei în clădiri şi a alunecărilor pe pardoseli şi pe scări, a exploziilor şi efectelor acestora, a electrocutării, a posibilităţii de cădere etc. Astfel, prin siguranţă se înţelege situaţia în care este eliminată orice cauză care ar putea provoca accidente în viaţa locatarilor din clădiri. În sensul cel mai general, termenul de siguranţă defineşte starea (proprietatea, calitatea) unei construcţii la care scoaterea sa din funcţiune, sub efectul acţiunilor mecanice, fizice şi chimice, nu este considerată probabilă în perioada dată a existenţei construcţiei. Pentru această stare se foloseşte în ultimul timp termenul de *fiabilitate*, cu largă utilizare în producţia industrială şi care este o măsură a gradului de satisfacere a cerinţelor (performanţelor) pentru un material, element de construcţie sau construcţie, în raport cu destinaţia sa.

Termenul de fiabilitate corespunde deci unei noţiuni complexe şi exprimă facultatea unei construcţii de a-şi păstra calitatea pe întreaga sa durată de existenţă în condiţii determinate de exploatare normală. Se poate aprecia că noţiunea de fiabilitate cuprinde noţiunile de siguranţă mecanică, confort şi durabilitate pentru o construcţie, ţinînd seamă de exploatarea sa normală, corespunzător cerinţelor funcţionale, ca şi de eventualele posibilităţi de reparaţii ale construcţiei pentru a-şi menţine calitatea în tot timpul existenţei sale.

Teoria fiabilităţii în construcţii constituie o nouă disciplină ştiinţifică, care studiază legile generale, ce trebuie respectate la elaborarea proiectelor, a încercărilor de probă, a execuţiei, recepţiei şi exploatării construcţiilor pentru a se asigura eficacitatea maximă a utilizării lor [51].

1.3.3. APRECIEREA CALITĂŢII ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢII ŞI A CONSTRUCŢIILOR

Aprecierea calităţii elementelor de construcţii şi clădirilor se face în raport cu modul de satisfacere a condiţiilor tehnice, a performanţelor sau a regulilor de calitate stabilite pentru fiecare element de construcţie din diferite clădiri, ţinînd seamă de destinaţia construcţiei şi de condiţiile reale de exploatare.

Cunoştinţele tehnice actuale nu dau posibilitatea exprimării tuturor acestor reguli de calitate prin anumite mărimi ale caracteristicilor fizice perfect definite, în cadrul unor metode de calcul. De aceea, exprimarea calităţii se face practic, în mod obişnuit, sub trei forme :

— *ştiinţifică*, în cadrul unei metode de calcul, care foloseşte mărimile caracteristice ale datelor exterioare, naturale sau impuse şi cele fizice, caracteristice materialelor. Este, de obicei, cazul calculelor folosite în mecanica construcţiilor pentru structurile şi elementele portante sau al calculelor legate de fizica construcţiilor. De exemplu, în calculul grinzilor cu secţiune dreptunghiulară, constantă, solicitate la încovoiere pură, condiţia mecanică bazată pe criteriul de rezistenţă, în metoda rezistenţelor admise este : $\sigma_{i,\,ef} \leq \sigma_{i,\,a}$, adică mărimea tensiunii efective la încovoiere să nu depăşească rezistenţa admisibilă a materialului din care este realizată grinda. Se poate observa că relaţiile matematice folosite pentru exprimarea ştiinţifică a regulilor de calitate, a performanţelor, îmbracă, în general, forma unor inegalităţi (sau cel mult a egalităţilor) între cei doi termeni ai comparaţiei (de exemplu efectiv-admisibil, necesar-efectiv);

— *tehnologică*, care foloseşte caracteristici tehnologice apreciate cu ocazia încercărilor tehnologice şi se aplică atunci cînd nu se cunoaşte metoda de calcul, dar se poate preciza tehnologia corespunzătoare de execuţie;

— *funcţională*, legată de om, de viaţa şi activitatea din clădiri, de exemplu, la un panou de faţadă se verifică rezistenţa sa la un şoc de 50 daN căzînd de la 2 m înălţime, corespunzător evitării străpungerii panoului prin izbirea sa de către un om.

Pentru construcţii se poate adopta *clasificarea după criteriul complex al calităţii*, care împarte fiecare grupă de construcţii în *clase de calitate*, determinate de:

— *caracterul capital al clădirii* precizat prin durabilitatea şi gradul de rezistenţă la foc a principalelor elemente de construcţii;

— *cerinţele de exploatare* diferite pentru fiecare grupă de construcţii. Astfel, pentru construcţii inginereşti, cerinţele de exploatare sînt caracterizate cu precădere de gradul de satisfacere a condiţiilor funcţionale, de durata de serviciu etc.

Cerinţele de exploatare a clădirilor se pot caracteriza prin normele de suprafaţă, înălţime şi volum pe unitatea de folosinţă, prin modul de distribuire a încăperilor precum şi prin gradul de confort precizat prin: iluminare şi vizibilitate, izolare termică şi fonică, instalaţii tehnico-sanitare şi dotări gospodăreşti, nivelul şi calitatea lucrărilor de finisaj etc.

Construcţiile inginereşti şi clădirile din fiecare grupă de construcţii se împart în trei clase de calitate, după cum satisfac: *cerinţe ridicate*, *medii* sau *obişnuite*, indicate în prescripţiile tehnice. Construcţiile neîncadrate în nici una din clasele de mai sus se caracterizează din punctul de vedere al calităţii numai prin durabilitate şi rezistenţă la foc. Uneori, pentru unele construcţii se foloseşte clasificarea în cinci clase de calitate. Încadrarea fiecărei construcţii în clase de calitate urmează a se face după importanţa construcţiei în economia naţională, în funcţie de capacitatea de producţie sau deservire, dimensiuni, amplasament, uzură morală etc.

În cadrul condiţiilor tehnico-economice este necesar a se distinge *condiţiile primordiale*, care asigură un minim indispensabil pentru viaţa şi activitatea omenească (a nu muri, în clasificarea americană), pentru care sînt precizate valori absolute, determinate univoc, cum sînt condiţiile mecanice de rezistenţă sau de stabilitate şi *condiţiile complimentare*, influenţate de tradiţie, nivelul social al vieţii, posibilităţile materiale etc., pentru care sînt recomandate valori relative, prezentînd majorări sau reduceri faţă de valoarea considerată necesară.

Regulile de calitate sau condiţiile tehnico-economice se adaptează necontenit noilor cerinţe funcţionale şi se desăvîrşesc odată cu progresul ştiinţelor şi tehnicii construcţiilor, fundamentate pe rezultatele a numeroase alte ştiinţe.

1.4. PRESCRIPŢII TEHNICE ÎN CONSTRUCŢII

Prescripţiile tehnice în construcţii sînt un ansamblu de date şi condiţii cu caracter tehnico-economic, privind proiectarea, realizarea şi recepţionarea unui element, a unei lucrări sau a unei construcţii. Prin obligativitatea aplicării lor, ele asigură rezolvarea optimă şi unitară a problemelor tehnico-economice din construcţii.

Standardele sînt prescripţii tehnice prin care se stabilesc caracteristici pentru materiale, elemente prefabricate şi instalaţii aferente construcţiilor, precum şi principii fundamentale şi date de bază pentru proiectarea, execuţia şi recepţia construcţiilor. Standardele conţin principii şi date complet studiate şi verificate din punct de vedere teoretic şi practic, care se referă la materiale şi lucrări

cu o mare aplicabilitate. Pe plan internaţional, se elaborează recomandările Organizaţiei Internaţionale de Standardizare, I.S.O.

Normele interne sînt prescripţii tehnice prin care se stabilesc date caracteristice pentru produsele încă nestandardizate sau parţial reglementate prin standarde. Produsele unicate, prototipurile şi capetele de serii (seria zero) se fabrică pe bază de *caiete de sarcini*, urmînd ca după trecerea în producţia curentă să fie înlocuite prin standarde sau norme interne.

Normativele sînt prescripţii tehnice prin care se stabilesc îndrumări şi metode detaliate pentru proiectarea construcţiilor şi utilizarea materialelor şi utilajelor de construcţii, cu aplicare curentă, generalizată în construcţii. Normativele se referă la prevederile din standarde, pe care le completează prin indicarea aplicării standardelor în cazuri concrete. Ele se elaborează şi pentru probleme încă nestandardizate, insuficient concretizate sau pentru probleme care interesează un domeniu mai restrîns al tehnicii şi al economiei.

Instrucţiunile tehnice dau îndrumări suplimentare de detaliu asupra prescripţiilor tehnice din H.C.M., standarde sau normative. Prin ele se dau îndrumări cu caracter de directive sau se reglementează anumite probleme tehnice cu obiectiv mai restrîns.

Condiţiile tehnice speciale se elaborează numai pentru unele lucrări deosebite, care prin natura sau importanţa lor necesită completări ale prescripţiilor tehnice cu aplicare generală, în vederea precizării unor elemente noi, specifice lucrării respective; se întocmesc de proiectantul lucrării care trebuie să justifice necesitatea acestor prevederi speciale; au domeniu restrîns de aplicare; sînt aprobate de forurile care avizează şi reglementează problemele din construcţii.

Fişele tehnologice stabilesc modul de organizare şi desfăşurare a diferitelor procese de lucru în execuţia construcţiilor, prin aplicarea celor mai bune metode.

Proiectele tip sînt ansambluri de piese scrise şi desenate, cuprinzînd datele necesare pentru executarea construcţiilor tip. Separat, se elaborează cataloage tip pentru prefabricate, elemente şi detalii de construcţii.

Capitolul 2

ELEMENTE DE SIGURANŢA CONSTRUCŢIILOR

2.1. NOŢIUNEA DE SIGURANŢĂ. FACTORII PRINCIPALI AI SIGURANŢEI

Dintre toate condiţiile cerute unei construcţii, a căror asigurare se face la niveluri diferite, în raport cu rolul său şi condiţiile istorico-economice din fiecare ţară, *asigurarea siguranţei construcţiilor la acţiuni mecanice* sau *reliabilitatea* este o condiţie primordială, indispensabilă, al cărei prag (nivel) inferior este determinat de evitarea cedării (prăbuşirii) structurii prin depăşirea rezistenţei sau prin pierderea stabilităţii. Reliabilitatea este definită prin probabilitatea comportării sigure la acţiunile exterioare a unui element de rezistenţă sau a unei structuri, pe întreaga sa durată de exploatare, iar condiţiile de asigurare reprezintă un ansamblu complex de condiţii, care trebuie îndeplinite, pentru a asigura construcţiei nivelul de siguranţă cerut.

Arta de a construi tinde către o utilizare optimă a spaţiului şi materiei. Pentru o construcţie cu destinaţie dată, problema constă în a alege, din marea

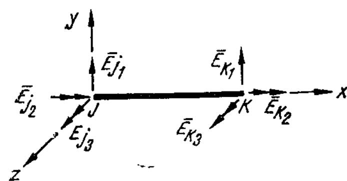


Fig. 2.1. Bară dintr-o structură plană încărcată normal pe plan.

varietate a soluțiilor posibile, pe aceea care verifică în același timp un ansamblu de date obligatorii (caracteristicile materialelor disponibile, condițiile climatice și natura terenului, acțiunile exterioare, coeficientul de siguranță stabilit) și de criterii, care privesc, mai ales, prețul de cost și confortul, ceea ce se realizează prin concepție și execuție. Ținînd seama de necesitatea *optimizării construcțiilor* se aleg variante de structură, care prezintă o siguranță suficientă și rațională prin costul și consumul minim de energie, manoperă și materiale. Varianta aleasă trebuie să întruchipeze un echilibru optim între funcțiune, siguranță, economie și structura adoptată.

În cadrul domeniului de preocupări al staticii construcțiilor s-a studiat determinarea eforturilor produse în diferitele elemente ale structurii. Pentru determinarea eforturilor într-o structură static nedeterminată se aplică de obicei, în condițiile calculului automat, metoda deplasărilor în formulare matricială, considerînd structura ca un ansamblu de bare, prinse rigid între ele la noduri și încărcată cu forțe exterioare aplicate în noduri, ecuațiile de condiție conducînd la un sistem de ecuații liniare de forma generală :

$$R\Delta = P \quad \text{și deci} \quad \Delta = R^{-1}P, \tag{2.1}$$

unde R reprezintă matricea de rigiditate a întregii structuri, Δ este matricea-coloană a tuturor necunoscutelor (formată din succesiunea matricelor Δ_j), iar P este matricea-coloană a încărcărilor aplicate la noduri (formată din succesiunea matricelor P_j). Matricea globală R este alcătuită din submatricele corespunzătoare extremităților de bare, avînd dimensiuni 3×3 sau 6×6, după cum bara aparține unei structuri plane sau spațiale.

Dacă se consideră o bară dintr-o structură plană încărcată normal pe plan și se admite că structura este situată în planul *xoz* și încărcările acționează paralel cu axa y, în extremitățile barei apar trei eforturi : forță tăietoare orientată după axa y, moment de torsiune și moment încovoietor, indicațiile de notație fiind cuprinse în figura 2.1.

În acest caz se poate scrie matricea de rigiditate a barei, cu dimensiuni 6×6, în care se identifică cele patru submatrice $\bar{r}_{jj}$, $\bar{r}_{jk}$, $\bar{r}_{kj}$ și $\bar{r}_{kk}$ (fig. 2.2) [47].

Din relația (2.1) și figura 2.2 rezultă că mărimile eforturilor din elementele structurii depind de încărcările aplicate la noduri, de condițiile de rezemare la capete sau pe contur, de geometria structurii (lungimile și caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale ale elementelor structurii) și de caracteristicile fizico-mecanice (de rezistență, de deformare) ale materialelor din care este alcătuită

$$\begin{array}{cc} & \overbrace{(j_1)\qquad(j_2)\qquad(j_3)}^{\bar{r}_{jj}} \qquad \overbrace{(K_1)\qquad(K_2)\qquad(K_3)}^{\bar{r}_{jK}} \\ \bar{r}_i = & \left[\begin{array}{ccc|ccc} \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} & -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & \frac{GI_t}{l} & 0 & 0 & -\frac{GI_t}{l} & 0 \\ -\frac{6EI_z}{l^3} & 0 & \frac{4EI_z}{l} & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{2EI_z}{l} \\ \hline -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & -\frac{GI_t}{l} & 0 & 0 & \frac{GI_t}{l} & 0 \\ -\frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{2EI_z}{l} & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & \frac{4EI_z}{l} \end{array}\right] \begin{array}{c} (j_1) \\ (j_2) \\ (j_3) \\ (K_1) \\ (K_2) \\ (K_3) \end{array} \\ & \underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad}_{\bar{r}_{Kj}} \qquad \underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad}_{\bar{r}_{KK}} \end{array}$$

Fig. 2.2. Matrice de rigiditate pentru o bară dintr-o structură plană, încărcată normal pe plan.

structura, acești factori fiind evidențiați prin expresii de forma : $12EI_z/l^3$; $6EI_z/l^2$; $4EI_z/l$; GI_t/l etc.

Determinarea eforturilor secționale în plăcile plane, care reprezintă elemente de suprafață cu încărcări perpendiculare pe suprafața lor mediană, se bazează, în teoria elasticității, pe stabilirea ecuației suprafeței mediane deformate $w = F(x, y)$ unde w este săgeata plăcii în punctul de coordonate (x, y), prin integrarea ecuației cu derivate parțiale a săgeților plăcii :

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D}, \tag{2.2}$$

unde p reprezintă intensitatea încărcării, D modulul de rigiditate cilindrică la încovoiere al plăcii plane, $D = Eh^3/12\,(1 - \mu^2)$, constantele de integrare urmînd a fi stabilite din condițiile de rezemare ale plăcii pe contur (laturi încastrate, laturi simplu rezemate, eventual unele laturi libere). Rezultă aceiași factori determinanți pentru stabilirea eforturilor : geometria elementului, caracteristicile fizice ale materialului și condițiile de rezemare pe contur.

În cadrul disciplinei de Rezistența materialelor se regăsesc aceiași factori ai siguranței, de exemplu, determinarea tensiunilor (eforturilor unitare) la încovoiere (σ) și a tensiunilor tangențiale (τ) într-o secțiune transversală a unei grinzi drepte, de secțiune constantă, dreptunghiulară, solicitată la încovoiere cu forță tăietoare, se face cu ajutorul formulelor lui N a v i e r și J u r a v s k i :

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} y, \quad \text{cu} \quad \sigma_{max} \leqslant \sigma_a, \tag{2.3}$$

$$\tau = \frac{TS_z}{bI_z}, \quad \text{cu} \quad \tau_{max} \leqslant \tau_a. \tag{2.4}$$

Rezultă că mărimile eforturilor unitare normale (σ) și tangențiale (τ) depind de caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale și de mărimea eforturilor secționale M și T, care sînt în funcție, așa după cum s-a arătat, de intensitatea acțiunilor (încărcărilor), geometria structurii și condițiile de rezemare.

Ecuația diferențială a fibrei medii deformate la grinzi drepte încovoiate, cu secțiune și modul de rigiditate la încovoiere constante (EI = constant) :

$$\frac{d^2 v}{dx^2} = -\frac{M}{EI}, \tag{2.5}$$

conduce, prin integrări succesive, la expresiile *rotirilor* și *săgeților* grinzii :

$$EI\varphi = -\int M(x)dx + C_1; \tag{2.6}$$

$$EIv = -\int\left[\int M(x)\,dx + C_1\right]dx + C_2, \tag{2.7}$$

unde momentul încovoietor $M(x)$ în lungul grinzii reprezintă o funcţie de abscisa x, iar constantele de integrare, C_1 şi C_2, se determină din condiţiile de rezemare ale grinzii la capete. Rezultă că săgeţile şi rotirile grinzii sînt exprimate în funcţie de încărcări, de condiţiile de rezemare la capete, de geometria secţiunii transversale şi de caracteristicile de deformare ale materialului.

Încărcarea critică de flambaj la bara dreaptă dublu articulată, cu secţiune constantă, supusă unei încărcări de compresiune axială centrică se poate evalua cu ajutorul formulei lui E u l e r pentru cazul în care pierderea de stabilitate intervine mai înainte ca materialul să iasă din domeniul de comportare elastică :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}. \qquad (2.8)$$

Pentru bare cu alte rezemări la capete, expresia (2.8) poate fi scrisă sub forma :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_f^2} \qquad (2.9)$$

Aceste formule arată că încărcarea critică este proporţională cu modulul de rigiditate la încovoiere EI al secţiunii transversale (E — caracteristica mecanică a materialului ; I — caracteristica geometrică a secţiunii transversale) şi invers proporţională cu pătratul lungimii barei dublu articulate sau cu pătratul lungimii de flambaj pentru bare cu alte rezemări la capete. Lungimea de flambaj creşte pe măsură ce bara are legături mai slabe la capete, iar pierderea de stabilitate intervine pentru o încărcare axială mai redusă.

În cazul structurilor solicitate seismic, într-un calcul simplificat, eforturile şi deplasările cele mai defavorabile se pot stabili considerînd sistemul încărcat cu acţiuni echivalente convenţionale aplicate static, avînd expresia, în cazul oscilatorului simplu liniar :

$$S = (I_m)_{max} = m\omega S_v = m\omega \int_0^t \ddot{u}_0(\tau) e^{-\varepsilon(t-\tau)} \sin\omega(t-\tau)\mathrm{d}\tau, \qquad (2.10)$$

unde I_m este forţa de inerţie care corespunde masei m la timpul t, în daN ;
S_v — spectrul vitezelor, în m/s ;
ω — pulsaţia proprie a sistemului oscilant (oscilatorului simplu liniar), în radiani/s.

Se observă că în cazul acţiunilor dinamice intervin caracteristici specifice de inerţie, absorbţie de energie, în domeniul elastic sau plastic etc.

Astfel, principalii factori care condiţionează siguranţa unei structuri sînt :

— *caracteristicile structurale*, exprimate prin *caracteristici fizico-mecanice ale materialelor* (rezistenţe, moduli de elasticitate etc.), ţinîndu-se seama de influenţa asupra lor a unor factori ca durata, modul de acţiune al încărcărilor, agresivitatea mediului ambiant etc. şi prin *caracteristici geometrice* ale structurii şi elementelor sale, cu considerarea influenţei condiţiilor de exploatare şi punere în operă, ca şi a altor parametri influenţînd starea de comportare considerată etc. ;

— *acţiunile mecanice*, reprezentate de încărcări şi orice alte cauze, care produc solicitări în structuri.

Mărimea eforturilor, care se dezvoltă în elementele structurii, depinde în acelaşi timp de *condiţiile de rezemare* la capete sau pe contur ale structurii şi ale elementelor sale componente (schema idealizată de calcul).

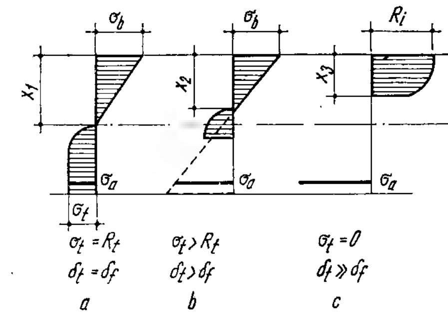


Fig. 2.3. Stări limită caracteristice pentru o grindă încovoiată din beton armat :
a — starea limită de apariţia fisurilor ; *b* — starea limită de deschiderea fisurilor ; *c* — starea limită ultimă de rezistenţă în stadiul de rupere.

Caracteristicile structurale care intervin în calculul structurilor sînt numeroase (de rezistenţă, rigiditate, inerţie, absorbţie de energie etc.), date fiind totalitatea comportărilor structurilor şi mulţimea proceselor de încărcare posibile. În cazul încărcărilor cu intensităţi ce cresc progresiv în timp (după diferite legi de variaţie, în funcţie de unul sau mai mulţi parametri) de la solicitarea foarte redusă pînă la cea de rupere se înregistrează stadii intermediare (trepte, praguri) în comportarea structurii din punctul de vedere al rezistenţei şi deformaţiilor. Aceste stadii intermediare de comportare ale structurilor pot constitui *stări limită* caracteristice din punct de vedere mecanic (apariţia şi deschiderea fisurilor, apariţia unor articulaţii plastice, ruperea unor elemente etc.), corespunzătoare diferitelor *încărcări limită* (de fisurare, de deschidere a fisurilor, de rupere, de pierdere a stabilităţii etc., fig. 2.3). Caracteristicile structurale se definesc întotdeauna considerînd procedeul de încărcare aplicat şi răspunsul structurii (starea limită corespunzătoare a răspunsului structurii).

2.2. DISTRIBUŢII EMPIRICE ŞI TEORETICE PENTRU FACTORII PRINCIPALI AI SIGURANŢEI

Principalii factori ai siguranţei construcţiilor (caracteristicile materialelor, parametrii încărcărilor, dimensiunile structurii şi elementelor sale, poziţia armăturii în elementele de beton armat etc.) depind de un număr de cauze şi condiţii, care se pot produce în timpul execuţiei şi pe durata de exploatare a construcţiei. De aceea, aceşti factori variază întîmplător căpătînd valori mai mult sau mai puţin diferite între ele, reprezentînd *variabile aleatoare*. Definirea cea mai bună a valorilor caracteristice a acestor factori se efectuează astăzi pe baza *teoriei probabilistice*, folosind *calculul statistic* al observaţiilor de masă.

Calculul statistic este folosit şi a devenit aproape indispensabil în multe domenii ale tehnicii construcţiilor : prelucrarea datelor experimentale de orice natură ar fi ele ; determinarea normelor de timp şi de producţie, a normelor de consum de materiale şi de deviz, a indicilor tehnico-economici etc. ; controlul fiabilităţii şi calităţii produselor etc.

Prevederea evenimentelor viitoare, pe baza observaţiilor asupra evenimentelor prezente şi trecute (de exemplu : variaţia încărcărilor climatice şi utile, a caracteristicilor fizice ale materialelor, a nivelurilor rîurilor etc.) şi pe baza statisticii matematicii, a permis introducerea de metode înaintate de calcul al construcţiilor, bazate pe evaluarea siguranţei unei construcţii sau instalaţii din punct de vedere probabilistic. Aceasta este posibil numai dacă fenomenele studiate sînt omogene şi stabile în timp, constituind aşa-numita *serie stabilă în timp*,

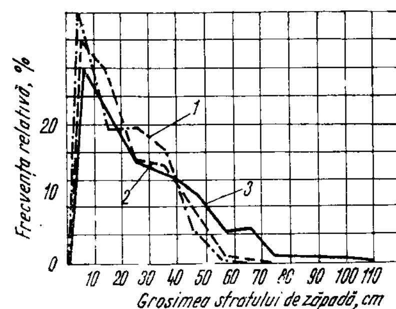


Fig. 2.4. Distribuţiile empirice ale grosimii stratului de zăpadă în regiunea Moscova :

1 – măsurători pe o perioadă de 6 ani (1912...1918); 2 – măsurători pe o perioadă de 13 ani (1898...1911); 3 – măsurători pe o perioadă de 37 ani (1898...1935).

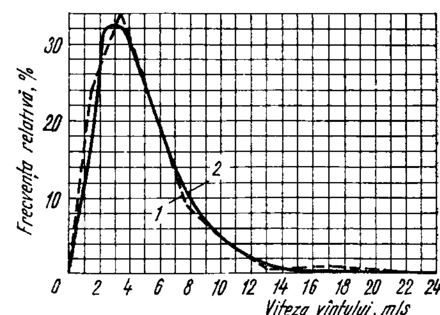


Fig. 2.5. Distribuţia vitezei vîntului în metri pe secundă :

1 – distribuţia empirică; 2 – distribuţia teoretică.

de exemplu : acţiunile utile în raport cu valoarea lor cea mai întîlnită în condiţiile de exploatare; acţiunile climatice pentru anumite condiţii locale şi un amplasament geografic dat, care au un caracter ciclic sau periodic, valorile observate repetîndu-se după perioade de timp mai mari sau mai mici. În cazul seriilor statistice stabile în timp se observă şi unele tendinţe de *variaţii îndelungate*, denumite *seculare*, a factorilor principali, cum ar fi : variaţia climei; perfecţionarea metodelor de calcul şi a tehnologiei etc. În calculul statistic se vorbeşte nu de o valoare determinată, ci de valori cu diferite probabilităţi de producere, pentru care se folosesc aceleaşi caracteristici din calculul probabilităţilor (medie, dispersie, moment, abatere standard, coeficient de variaţie etc.) ; uneori interesează valoarea cea mai frecventă.

Distribuţiile empirice întîlnite în construcţii sînt de două tipuri :

— *asimetrice*, care sînt cele mai numeroase, cum sînt curbele încărcărilor climatice din zăpadă (fig. 2.4) sau din vînt (fig. 2.5), ale coeficientului dinamic pentru poduri de cale ferată şi altele. Aceste fenomene cu valori mai mari decît zero capătă valori deosebite cu frecvenţe diferite în condiţii exterioare diverse; astfel, producerea unui uragan are o posibilitate mai mică de apariţie, căci necesită condiţii meteorologice mai complexe decît ale unui vînt slab obişnuit;

— *simetrice*, reprezentate prin curbe simetrice corespunzătoare pentru caracteristicile materialelor (fig. 2.6), pentru coeficienţii erorilor calculelor convenţionale, pentru abaterile eforturilor efective faţă de cele de calcul etc.

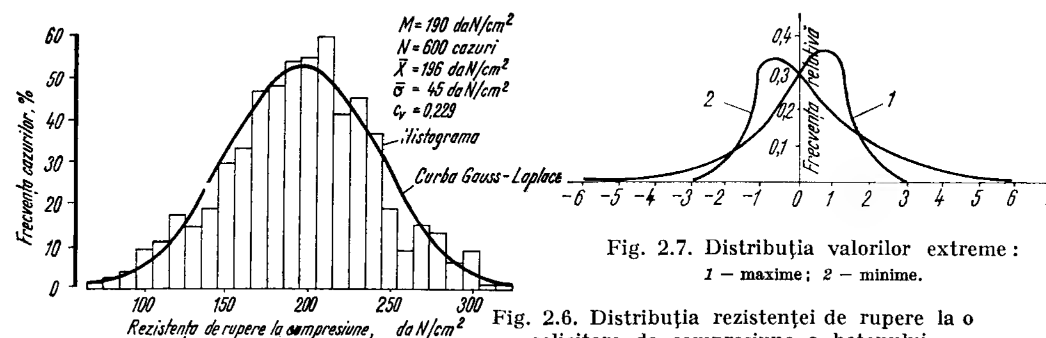


Fig. 2.6. Distribuţia rezistenţei de rupere la o solicitare de compresiune a betonului.

Fig. 2.7. Distribuţia valorilor extreme :

1 – maxime; 2 – minime.

Pentru rezistenţele materialelor se pot folosi tipuri diferite de *distribuţii teoretice* : pentru materialele caracterizate prin rupere ductilă se poate folosi distribuţia normală – G a u s s, iar pentru materialele cu rupere fragilă se aplică distribuţiile extremelor minime. Încărcările permanente sînt bine exprimate prin distribuţii normale, iar încărcările utile, cele climatice şi cutremurele respectă distribuţii ale valorilor extreme (extremelor) maxime (fig. 2.7). Distribuţiile logaritmice normale se pot folosi pentru exprimarea atît a încărcărilor, cît şi a rezistenţelor, cînd legile de distribuţie ale variabilelor sînt mai puţin cunoscute. Dacă variabilele R — rezistenţe şi S — încărcări respectă distribuţia logaritmică normală, atunci variabilele $\ln R$ şi $\ln S$ respectă distribuţia normală, R devenind $\ln R$ şi S — $\ln S$.

2.3. CONCEPŢII PRIVIND SIGURANŢA CONSTRUCŢIILOR. METODE DE CALCUL

Istoria modului de considerare a variabilităţii factorilor principali ai siguranţei conturează însăşi evoluţia conceptului şi coeficientului de siguranţă, ca şi metodele de calcul.

2.3.1. METODE DETERMINISTE

Acestea sînt *metoda rezistenţelor admisibile* şi *metoda la rupere* a capacităţii portante care nu au o justificare ştiinţifică; valorile coeficientului de siguranţă unic şi global sînt stabilite în mod empiric, prin apreciere, pe bază de tradiţii şi experienţă, pentru a acoperi, în mod simplist, variabilitatea factorilor principali ai siguranţei : încărcări, rezistenţe, geometria elementelor structurii etc., ca şi toate abaterile de la ipotezele medii sau ideale considerate (erori de execuţie, neconcordanţa ipotezelor de calcul cu comportarea reală etc.). În ultimul timp, s-au făcut cercetări statistice pentru stabilirea coeficientului de siguranţă folosit în metoda la rupere. Factorii principali ai siguranţei intervin în calcule cu *valori determinate*, considerate ca *mărimi certe*, nu ca mărimi aleatoare, întîmplătoare.

Coeficientul de siguranţă variază cu natura materialului şi a efortului, cu grupările de încărcări, condiţiile de lucru etc. : $c = 1,7 \ldots 2,0$ pentru oţel; $c = 1,8 \ldots 2,6$ pentru beton armat; $c = 4,0 \ldots 5,0$ pentru zidărie.

În metoda rezistenţelor admisibile trebuie satisfăcute relaţiile :

$$\sigma_e \leqslant \sigma_a, \quad \tau_e \leqslant \tau_a, \tag{2.11}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{lim}}{c}, \quad \tau_a = \frac{\tau_{lim}}{c} \text{ şi, în general, } R_a = \frac{R_{lim}}{c} \tag{2.12}$$

unde σ_{lim}, τ_{lim} şi R_{lim} sînt eforturile unitare limită, normale sau tangenţiale, în general rezistenţa limită, care poate fi limita de curgere (σ_c) sau de rupere (σ_r), după cum materialele sînt ductile (tenace) sau fragile (casante);

σ_a, τ_a, R_a este efortul unitar admisibil, normal sau tangențial, în general tensiunea limită admisibilă în condițiile unei siguranțe stabilite; crește cu creșterea numărului de încărcări din gruparea de încărcări deoarece posibilitatea simultaneității celor mai defavorabile cazuri de încărcări scade;

c — coeficient unic (global) de siguranță, raportat la tensiunile sau rezistențele materialelor și cuprins implicit în rezistența admisibilă.

În metoda la rupere, aprecierea siguranței unui element se face prin compararea solicitării sau efortului (N^n, M^n, T^n, S^n în general) admisibil, corespunzător încărcării de exploatare cu efortul de rupere (N_r, M_r, S_r) determinat de capacitatea portantă sau admisibilă:

$$cN^n \leqslant N_r; \quad cM^n \leqslant M_r$$

și, în general

$$cS^n \leqslant S_r = \psi(R^n, F), \tag{2.13}$$

unde S_r, N_r, M_r este efortul de rupere sau capacitatea portantă;

S^n, N^n, M^n — efortul normat (moment, forță axială etc.) de exploatare;

c — coeficient unic (global) de siguranță, raportat la încărcări sau eforturi și exprimat explicit; scade o dată cu sporirea încărcărilor din gruparea de încărcări;

R^n, F — rezistența medie la rupere, în general determinată statistic și caracteristica geometrică a secțiunii (A, W etc.);

ψ — funcția corespunzătoare efortului respectiv.

Metoda la rupere, deși superioară metodei rezistențelor admisibile deoarece se bazează pe experimentări și oglindește mai bine condițiile reale de rupere, nu mai corespunde, analizînd comportarea mecanică a structurii în mod unilateral, numai în stadiul de rupere, neținînd seama de dimensionarea elementelor structurale în alte stadii de lucru, care apar în condiții de exploatare: fisurarea, deformațiile și rigiditatea, oboseala etc. și care se produc în stadiul elastic, la încărcări mai mici decît cele de rupere. Așa după cum s-a arătat, factorii principali ai dimensionării (rezistențe, încărcări etc.) sînt variabile aleatoare, întîmplătoare. În metoda de calcul la rupere se face ipoteza simplificatoare că există probabilitatea de variație asemănătoare, în același sens, a acestor variabile aleatoare, independent de limitele și direcțiile de variație a fiecărei variabile aleatoare în parte. În realitate, în cîteva cazuri, sporirea unor încărcări este mai periculoasă decît a altora. Astfel, de exemplu, pentru zidurile de sprijin sporirea împingerii pămîntului micșorează stabilitatea, în timp ce creșterea greutății proprii a zidului de sprijin mărește siguranța la stabilitate (fig. 2.8). Cele mai defavorabile condiții pentru stabilitatea zidului de sprijin se realizează însă

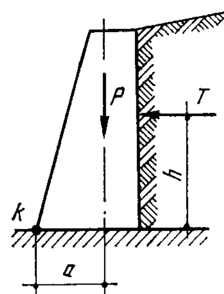


Fig. 2.8. Determinarea coeficientului de stabilitate a unui zid de sprijin:
T – împingerea orizontală a pămîntului; P – greutatea proprie a zidului.

cînd se produce o sporire a împingerii orizontale a pămîntului (de exemplu, în cazul unui pămînt cu coeficient de frecare mai mic) și o micșorare a greutății proprii a zidului de sprijin prin folosirea unor betoane ușoare sau pietre mai ușoare de zidărie. Această posibilitate nu poate fi prevăzută în calculul prin metoda la rupere, care presupune același sens de variație a încărcărilor. De asemenea, mărimea abaterilor principalilor factori ai dimensionării de la valorile medii determinate statistic sînt diferite, astfel: încărcările permanente pot avea abateri curente de $\pm 10\%$, în timp ce supraîncărcările construcțiilor provocate de abaterile încărcărilor climatice (zăpadă, presiunea vîntului etc.) pot ajunge pînă la (30 ... 40%) și mai mult; abaterile rezistențelor diferă de asemenea, de la un material la altul (casant-fragil; elastic-ductil).

2.3.2. METODA SEMIPROBABILISTICĂ A STĂRILOR LIMITĂ

Metoda de calcul la stări limită este o metodă semiprobabilistică, superioară metodelor deterministe: în această metodă condițiile de siguranță se bazează concomitent pe concepții probabiliste și deterministe și sînt exprimate sub formă deterministă, neexistînd încă suficiente studii probabiliste și date statistice. O structură sau un element structural al său încetează de a îndeplini funcțiunea pentru care a fost proiectat cînd o anumită stare, denumită *stare limită*, a fost atinsă. Astfel, prin starea limită a unei structuri sau a unuia din elementele sale se înțelege starea în care o cerință de satisfacere a obiectivului (obiectului) său este strict satisfăcută la limită, iar structura încetează de a mai îndeplini funcțiunea sa sau de a mai satisface cerințele pentru care a fost concepută în cazul sporirii solicitărilor sau a micșorării performanțelor sale.

Starea limită este deci starea a cărei atingere implică pierderea capacității unei construcții de a satisface condițiile de exploatare legate de destinația stabilită sau apariția unor pericole pentru viața sau sănătatea oamenilor, respectiv pentru bunuri materiale sau culturale a căror conservare depinde de construcția respectivă.

2.3.2.1. **Tipuri de stări limită.** Se definesc două grupe de stări limită: stările limită ultime ale capacității portante și stările limită ale exploatării normale.

1) *Stările limită ultime* corespund epuizării capacității portante sau unei alte pierderi ireversibile a calităților necesare exploatării: ruperea secțiunilor critice, pierderea stabilității etc. Acestea caracterizează proprietatea unui element structural sau a unei structuri de a rezista încărcărilor, fără modificarea fundamentală a geometriei, fiind determinate cantitativ prin încărcările sau solicitările maxime limită la care structura sau elementul structural nu cedează, fără a ieși din lucru prin ruperea sau pierderea stabilității formei sau poziției, în urma solicitărilor statice sau dinamice (oboseală, șoc etc.).

2) *Stările limită ale exploatării normale* corespund întreruperii capacității de asigurare a unei exploatări normale a construcțiilor; condițiile normale de exploatare sau de durabilitate nu mai sînt satisfăcute. Principalele stări limită ale exploatării normale sînt: *fisurarea*, starea limită în care secțiunea încetează de a mai fi comprimată în întregime, cînd are loc apariția fisurilor sau deschiderea lor excesivă, inacceptabilă și limitată, în general, în prescripții și *starea limită de deformație* (statică, dinamică), care limitează creșterea deformațiilor pînă la o valoare maximă limită și care dacă este depășită împiedică exploatarea normală. În situațiile de nesatisfacere a unor condiții de exploatare

normală are loc o simplă întrerupere a exploatării care nu constituie o catastrofă şi are loc repararea sau înlăturarea defectelor inadmisibile. Este clar deci, că rezervele de siguranţă, care trebuie păstrate pentru preîntîmpinarea acestor stări, pot fi mai mici decît cele de la starea limită ultimă a capacităţii portante.

Obiectul calculelor privind siguranţa constă în asigurarea probabilităţii stării limită sub o anumită valoare stabilită în prealabil pentru tipul de construcţie sau element dat. Probabilitatea adoptată depinde de starea limită considerată şi de gradul de pericol pe care-l prezintă. O analiză probabilistă completă necesită cunoaşterea naturii statistice a încărcărilor şi a altor acţiuni, a variabilităţii proprietăţilor mecanice (de rezistenţă, deformare : E, G, μ etc.) a materialelor şi a altor factori, care influenţează probabilitatea de atingere a stării limită considerată (dată). O asemenea analiză este practic posibilă astăzi numai în cîteva cazuri simple, deoarece nu se dispune de toate datele statistice necesare.

De aceea, datele statistice existente sînt utilizate folosind procedeul simplificat al coeficienţilor diferenţiaţi. În acest caz se definesc:

— *valoarea normată* a unui parametru, considerată ca o valoare de referinţă, stabilită ca o caracteristică globală a distribuţiei valorilor acestui parametru, considerat ca o variabilă aleatoare. Valorile normate pot să se refere la acţiuni, materiale sau elemente de construcţie;

— *valorile de calcul* ale unui parametru, care sînt valori obţinute de regulă prin înmulţirea valorilor normate cu un coeficient prin care se introduce influenţa variabilităţii statistice a parametrului considerat şi care sînt depăşite în sens defavorabil cu o probabilitate redusă. Valorile de calcul se pot referi la acţiuni, materiale sau elemente de construcţie;

— *valoarea limită* este o valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acţiuni, utilizată în verificarea la o anumită stare limită ultimă;

— *valoarea de exploatare* este o valoare de calcul, definită pentru un parametru al unei acţiuni, utilizată în verificarea la o anumită stare limită a exploatării normale.

Astfel, metoda stărilor limită se bazează pe două principii, care conduc la sporirea siguranţei, la utilizarea mai completă a rezervelor de siguranţă şi la realizarea de economii :

— *considerarea stărilor limită prin studiul comportării elementelor structurii în stadiul elastic* (apariţia şi deschiderea fisurilor, deformaţiilor şi rigiditatea, oboseala, stabilitatea elastică etc.) *şi în stadiul plastic de rupere*, pe baza proprietăţilor reale, elastice şi plastice ale materialelor;

— *înlocuirea coeficientului unic de siguranţă cu coeficienţi diferenţiaţi parţiali de siguranţă*, stabiliţi ştiinţific, care ţin seama de variabilitatea principalilor factori ai siguranţei la fiecare stare limită. Cu ajutorul acestor coeficienţi diferenţiaţi se stabilesc rezistenţele minime ale materialelor, încărcările şi solicitările maxime şi se corectează formulele de calcul, punîndu-se de acord cu fenomenele reale.

Siguranţa structurilor se poate aprecia comparînd solicitarea maximă provocată de acţiunile mecanice cu capacitatea minimă de comportare mecanică a structurilor sau elementelor structurale. De aceea interesează valorile minime ale rezistenţelor şi valorile maxime ale încărcărilor, definite statistic, cu o anumită probabilitate.

Starea limită a capacităţii portante se verifică astfel prin compararea, în stadiul de rupere, a solicitării maxime posibile cu capacitatea minimă probabilă :

$$S \leqslant R \tag{2.14}$$

adică, compararea în esenţă capătă forma unei inegalităţi sau a unui raport dintre încărcările minime pe care structura poate să le suporte (preia) şi încărcările maxime efectiv posibil de acţionat pe toată durata exploatării.

În concepţia probabilistică prin siguranţa unui element de construcţie sau a unei construcţii în raport cu o stare limită se înţelege proprietatea caracterizată prin probabilitatea suficient de mare, de a satisface o condiţie de neatingere a stării limită considerată, pe toată durata de serviciu prevăzută. Tot astfel asigurarea unei structuri înseamnă adoptarea unei soluţii, care implică limitarea, la valori dorite a probabilităţii de atingere şi depăşire a diferitelor stări limită. În STAS 10 100/0-75 *„Principii generale de verificare a siguranţei construcţiilor"*, se disting mai multe clase de importanţă, după nivelul de asigurare necesar.

Siguranţa unei structuri este un concept relativ, nu absolut, deoarece nu există niciodată o siguranţă absolută a unei structuri. Prin concepţia structurii se urmăreşte obţinerea unei probabilităţi de avariere acceptabil de redusă, mai mult sau mai puţin gravă, ale cărei valori raţionale reprezintă probleme de asigurare, intens cercetate în ultimii ani.

Depăşirile stărilor limită au urmări inegal de grave, dintre care cele mai importante sînt un mare risc al pierderilor de vieţi omeneşti sau un risc mai mic de pierdere a unor bunuri materiale; rareori se poate afirma că un asemenea risc este nul.

În prescripţii se precizează criterii pentru toate stările limită (de cedare — colaps; de exploatare, fisurare sau rigiditate). Astfel, la starea limită de fisurare se precizează :

— pentru betonul armat, lăţimea maximă a deschiderii fisurilor nu va depăşi 0,3 mm, iar cînd condiţiile de exploatare (expunere) sînt foarte severe, de exemplu, în apa de mare, lăţimea maximă a deschiderii fisurilor în apropierea imediată a armăturii nu va depăşi de 0,004 ori stratul normal de acoperire;

— pentru betonul precomprimat se disting structuri de : clasa I, în care nu se permit fisuri deoarece nu sînt admise tensiuni de întindere; de clasa a II-a în care nu se permit fisuri vizibile, iar tensiunile de întindere din încovoiere sînt limitate de tensiunile de întindere a betonului şi de clasa a III-a, la care deschiderea maximă a fisurilor nu va depăşi 0,2 mm, iar pentru condiţii de exploatare (expunere) foarte severe, lăţimea maximă a deschiderii fisurilor nu va depăşi 0,1 mm.

Pentru starea limită de rigiditate a betonului armat şi precomprimat la planşee se arată că săgeata finală (admisă) nu va depăşi deschiderea împărţită la 250, iar cînd pereţii despărţitori sau finisajele pot fi afectate, săgeata finală după terminarea acestor lucrări nu va depăşi raportul deschidere/350 sau 20 mm. Cînd pe elementele din beton precomprimat se vor aplica finisaje săgeata totală nu va depăşi raportul deschidere/300.

Anexa III din STAS 10 100/0-75 *Principii generale de verificare a siguranţei construcţiilor* cuprinde indicaţii de limitare a deplasărilor şi deformaţiilor.

2.3.2.1. **Coeficienţi diferenţiaţi utilizaţi în metoda stărilor limită. Variabilitatea factorilor principali ai siguranţei.** Prin coeficienţii diferenţiaţi se caută a se ţine seama de variabilitatea principalilor factori ai siguranţei. În metoda semiprobabilistică a stărilor limită, care stă la baza recomandărilor CAER, a celor din ţara noastră şi care a constituit punctul de plecare pentru alte recomandări internaţionale (CEB, FIP, ACI), fiind adoptată şi de ISO-TC 98, se folosesc în prezent trei coeficienţi diferenţiaţi,

corespunzători celor trei factori principali ai siguranţei: rezistenţele, acţiunile mecanice şi elementul structural (condiţii de lucru ale elementului sau de comportare a materialului).

Prescripţiile tehnice definesc următorii coeficienţi diferenţiaţi în metoda stărilor limită:

— *coeficientul încărcării n*, care face legătura între o valoare normată şi o valoare de calcul a unui parametru care intervine în schemele de încărcare, în vederea considerării abaterilor întîmplătoare practic posibile, în sens defavorabil faţă de valorile normate;

— *coeficientul de siguranţă pentru materiale k*, care se aplică valorilor normate ale rezistenţelor, în vederea obţinerii valorilor de calcul de bază. Prin acest coeficient se introduc efectele variabilităţii statistice a calităţii materialelor şi în anumite limite, a caracteristicilor geometrice ale elementelor de construcţii;

— *coeficientul condiţiilor de lucru*, care se aplică valorilor de calcul de bază ale rezistenţelor, respectiv capacităţilor portante, prin care se corectează simplificările introduse de normele admise în calcul şi se consideră abaterile sistematice datorate diverşilor factori. Coeficientul condiţiilor de lucru poate să se refere la un material m_m sau la un element de construcţie m_e.

Rezistenţele de calcul R sînt valori convenţionale, care reprezintă *rezistenţele probabile minime* ale materialului pentru diferite solicitări în condiţiile cele mai defavorabile de lucru. Ele se obţin din rezistenţele normate R^n prin înmulţirea cu un *coeficient de siguranţă pentru materiale k* şi în unele cazuri cu un *coeficient al condiţiilor de lucru al materialului* m_m:

$$R = km_mR^n, \tag{2.15}$$

unde k şi m_m sînt, de obicei, mai mici decît unu.

Rezistenţele normate sau caracteristice R^n sînt valorile de referinţă precizate prin normative (de obicei medii statistice) şi coincid cu caracteristicile de recepţie a materialelor (σ_c pentru oţeluri moi, σ_r pentru oţeluri dure, SBP, zidărie, beton).

Coeficientul de siguranţă k este un coeficient de reducere şi se stabileşte ca raportul dintre rezistenţa minimă ($R_{min} = \bar{R} - \gamma\bar{\sigma}$) şi cea medie $\bar{R}$:

$$k = \frac{R_{min}}{\bar{R}} = \frac{\bar{R} - \gamma\bar{\sigma}}{\bar{R}} = 1 - \gamma\frac{\bar{\sigma}}{\bar{R}} = 1 - \gamma\delta, \tag{2.16}$$

unde γ reprezintă probabilitatea considerată (de exemplu, probabilitatea 998,5$^0/_{00}$ care poate fi considerată ca o certitudine, adică se admite că nu se vor mai ivi cazuri în care $R_{min} < \bar{R} - 3\bar{\sigma}$), iar δ este coeficientul de variaţie ($\delta = \bar{\sigma}/\bar{R}$), cu $\gamma = 3^0/_{00}$ şi $p = 1{,}5^0/_{00}$. Valorile lui $\bar{R}$, $\bar{\sigma}$ şi k se stabilesc pe baza prelucrării statistice a datelor experimentale.

Solicitările sau încărcările maxime posibile de calcul (Q, S) se obţin prin multiplicarea încărcărilor normate Q^n sau a eforturilor corespunzătoare S^n, cu un coeficient de încărcare n, în funcţie de probabilitatea *grupării simultane* a încărcărilor, pe baza grupărilor de încărcări (v. cap. 3) şi a coeficientului de simultaneitate, folosind relaţiile:

$$Q = nQ^n; \quad S = nS^n; \tag{2.17}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n} n_i S_i^n. \tag{2.18}$$

Coeficientul de încărcare n este de obicei un coeficient de majorare (ponderare), supraunitar ($n > 1$) şi poate fi rareori subunitar ($n = 0{,}8...0{,}9$), pentru încărcările permanente, în cazurile cînd reducerea greutăţii proprii creează cele mai dezavantajoase condiţii de comportare mecanică: răsturnarea sau alunecarea zidurilor de sprijin (v. fig. 2.8); forfecarea pereţilor de zidărie de-a lungul rosturilor etc.

Din figura 2.8. rezultă că aprecierea stabilităţii la răsturnare a zidului de sprijin prin metoda de calcul la stări limită, poate fi făcută în condiţiile reale cele mai dezavantajoase folosind coeficienţii de încărcare n:

$$c_s = \frac{M_s}{M_r} = \frac{0{,}8\, P^n a}{1{,}2\, T^n h} = 0{,}67\, \frac{P^n a}{T^n h}; \tag{2.19}$$

Acest aspect nu poate fi evidenţiat prin calculul cu metoda la rupere unde:

$$c_s = \frac{M_s}{M_r} = \frac{P^n a}{T^n h}. \tag{2.20}$$

în care:

c_s este coeficientul de stabilitate;
M_s — momentul de stabilitate;
M_r — momentul de răsturnare.

Pentru orice element portant, omogen, dintr-un singur material sau complex, din mai multe straturi de material (de exemplu, zidăria mixtă, pereţii sandviş etc.) trebuie satisfăcute întotdeauna relaţiile:

$$\sum_{i=1}^{n} n_i S_i^n \leqslant m_e m_m k R^n F, \tag{2.21}$$

sau:

$$\sum_{i=1}^{n} n_i S_i^n \leqslant m_e \sum_{i=1}^{m} m_{m_i} k_i R_i^n F_i, \tag{2.22}$$

unde F este caracteristica geometrică, a secţiunii, corespunzătoare naturii efortului (suprafaţă, modul de rezistenţă etc.) şi domeniului de comportare, elastic sau plastic al materialului;

m_e şi m_m — coeficienţii condiţiilor de lucru ale elementului şi materialului care consideră situaţiile diverse întîlnite în comportarea elementelor de construcţie, în funcţie de condiţiile de exploatare, de metodele de execuţie şi de alcătuirea lor, funcţie de ipotezele considerate.

Prescripţiile tehnice cuprind uneori direct rezistenţele de calcul ($R = kR^n$), afectate şi de eventuala reducere corespunzătoare condiţiilor reale de lucru ale materialului m_m, adică:

$$\sum_{i=1}^{n} n_i S_i^n < m_e \sum_{i=1}^{m} R_i F_i \tag{2.23}$$

Capacitatea portantă minimă de calcul se notează şi cu S, astfel că expresia (2.23) se poate scrie şi sub forma:

$$S \leqslant [S]; \quad N \leqslant [N]; \quad M \leqslant [M] \text{ etc.} \tag{2.24}$$

Cînd există suficiente date statistice, analiza probabilistică a siguranței structurilor se poate face cu ajutorul unui număr mai mare de coeficienți diferențiați parțiali de siguranță, ca în cadrul Standardului ISO — 2 394 sau al recomandărilor americane, pentru proiectarea betonului armat prin metoda rezistenței ultime (ACI — 318—71), cu o concepție semiprobabilistică pentru evaluarea siguranței, care cuprind coeficienți diferențiați de majorare a încărcărilor, de reducere a rezistențelor, în raport cu nivelul siguranței, în funcție de urmările unui accident.

2.3.3. METODE PROBABILISTE

Condițiile de siguranță se exprimă în cadrul metodelor probabiliste de calcul pe baza probabilității stabilită inițial pentru menținerea aptitudinii structurii în vederea satisfacerii funcțiunii sale pe întreaga durată de exploatare. În acest caz, factorii principali de siguranță nu mai sînt caracterizați de funcții deterministe, ci de funcții nedeterministe, aleatoare. O structură supusă unei acțiuni mecanice aleatoare va căpăta un răspuns mecanic descris tot de o funcție aleatoare. În această situație, se poate calcula valoarea răspunsului care, în anumite condiții, nu depășește o anumită valoare prestabilită, iar analiza răspunsului mecanic se face pe baza teoriei statistice matematice. Astfel, valoarea variabilei aleatoare corespunzătoare fenomenului analizat, care nu poate fi predeterminată în mod precis, va putea fi descrisă numai statistic.

În general, siguranța structurilor este analizată în prezent în mod semiprobabilist prin considerarea parțială a variabilității aleatoare a unor factori. Tratarea simultană și împreună a acțiunilor, rezistențelor și răspunsului structurii ca variabile aleatoare nu este în prezent posibilă decît pentru unele cazuri simple. O analiză completă a problemei asigurării structurii în concepția probabilistă cu ajutorul conceptului de realiabilitate trebuie să considere în același timp aspectele sintetizate în noțiunea complexă de fiabilitatea construcțiilor (reliabilitate, confort și durabilitate) ca și aspectele economice și informaționale cu privire la realizarea ipotezelor de proiectare și apreciere a gradului de încredere a datelor primare de calcul, folosind instrumente matematice complexe.

2.4. EXPRIMAREA PROBABILISTICĂ A SIGURANȚEI CONSTRUCȚIILOR ȘI A COEFICIENȚILOR DE SIGURANȚĂ

S-a arătat că probabilitatea de avariere a structurii rezultă din compararea distribuțiilor pentru acțiuni și pentru caracteristicile structurale sau dintre acțiunile la care poate rezista structura și cele efectiv realizate în decursul exploatării. Schema principiului de verificare a capacității portante este ilustrată în figura 2.9, în ipoteza distribuției normale G a u s s. În ipoteza din figura 2.9, *a*, capacitatea portantă minimă este mai mare decît solicitarea maximă,

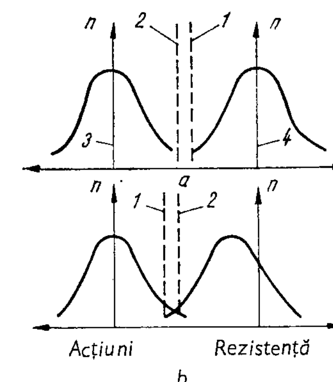


Fig. 2.9. Schema principiului de verificare a capacității portante:
a — solicitarea maximă < capacitatea portantă minimă; *b* · solicitarea maximă > capacitatea portantă minimă; *1* — capacitatea portantă minimă; *2* — solicitarea maximă; *3* — solicitarea normată; *4* — capacitatea portantă normată; *n* — densitatea de probabilitate.

în timp ce în ipoteza din figura 2.9, *b*, capacitatea portantă minimă este mai mică decît solicitarea maximă avînd loc ruperea, cedarea sau prăbușirea structurii sau elementului. Zonele de suprapunere a celor două funcții de frecvență (densități de probabilitate) pentru încărcări $f_S(x)$ și rezistențe $f_R(x)$ indică probabilitatea de avariere (accident, rupere, fig. 2.10) [49]. Notînd coordonatele punctului de intersecție a celor două distribuții cu S și R, se pot defini, ținîndu-se seama de studiile lui P r o t, L é v i, F r e u d e n t h a l, P u g s l e y și alții, următoarele probabilități:

— ***probabilitatea de pierdere a capacității portante***, de avariere, accident sau de rupere (prăbușire, colaps) P_r cuprinsă în probabilitățile $P(S > R)$ și $P(R \leqslant S)$;

— ***probabilitatea de comportare sigură a structurii*** față de variațiile aleatoare ale încărcării și rezistenței, cuprinsă în domeniul probabilităților $P(R > S)$ și $P(S \leqslant R)$ sau ***reliabilitatea*** L, care este o măsură a siguranței.

Deoarece masa de probabilitate distribuită pe întreaga arie limitată de curba de distribuție și axa absciselor este egală cu unitatea adică:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\,\mathrm{d}x = 1, \tag{2.25}$$

rezultă că probabilitatea de pierdere a capacității portante este egală cu unitatea, minus reliabilitatea:

$$P_r = 1 - L, \tag{2.26}$$

adică, față de densitatea probabilității acțiunilor, rezultă:

$$P(S > R) = 1 - P(S \leqslant R), \tag{2.27}$$

și față de densitatea probabilității rezistențelor, rezultă:

$$P(R \leqslant S) = 1 - P(R > S). \tag{2.28}$$

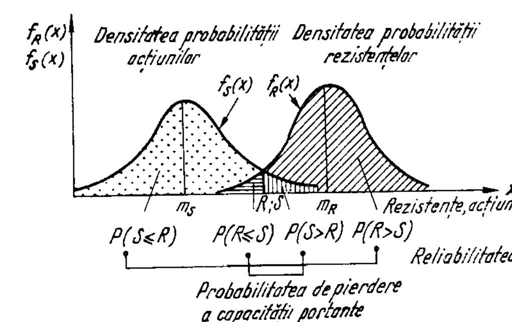


Fig. 2.10. Model probabilistic pentru R și S.

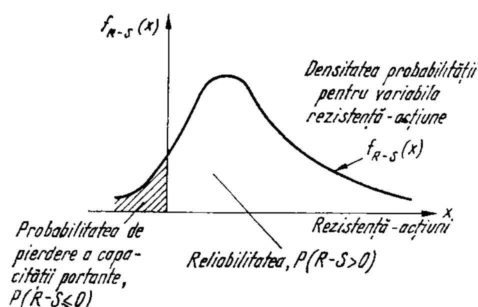


Fig. 2.11. Model probabilistic condensat $R-S$.

O exprimare mai sugestivă se poate obține cu ajutorul modelului probabilistic condensat: $R-S$ (rezistență minus efectul acțiunii, fig. 2.11) [49], în care:

— *probabilitatea de avariere* reprezintă aria de sub funcția f($R-S$) de la $-\infty$ la zero, fiind definită prin:

$$P_r = P(R-S\leqslant 0); \qquad (2.29)$$

— *reliabilitatea* reprezintă aria de sub funcția f($R-S$) de la zero la $+\infty$ și este definită prin relația:

$$L = 1 - P_r = P(R-S>0). \qquad (2.30)$$

Utilizînd ca variabilă aleatoare raportul rezistenței către efectul acțiunii, adică R/S, se obțin expresii mai semnificative, din punct de vedere ingineresc, pentru:

— probabilitatea de pierdere a capacității portante:

$$P_r = P(R/S\leqslant 1); \qquad (2.31)$$

— reliabilitatea:

$$L = 1 - P_r = P(R/S>1). \qquad (2.32)$$

La construcțiile de importanță mai mică unele criterii de reliabilitate pentru diferite comportări mecanice (fisurare, rigiditate, deformații etc.) pot să fie mult mai puțin severe decît în mod obișnuit sau chiar să nu fie luate în considerare, dacă pot fi considerate drept condiții complimentare, ca în cazul unor construcții neimportante, provizorii, de valoare redusă, a căror avariere nu prezintă pericole pentru viața și sănătatea oamenilor sau în cazul unor construcții secundare pentru adăpostirea temporară a animalelor. Această clasificare a construcțiilor după importanța lor este întîlnită, de exemplu și în cazul structurilor supuse la solicitări seismice.

În evaluarea probabilității de pierdere a capacității portante se pot considera intensitățile acțiunilor și rezistențelor ca variabile aleatoare independente pentru o structură sau un element portant. În acest caz, probabilitatea ca un element de rezistență R să fie acționat de o valoare mai mare ca S, corespunde zonei de suprapunere $P(R\leqslant S)$ și $P(S>R)$ din figura 2.10 și se poate exprima pe baza teoremei multiplicării probabilităților. Rezultă:

$$[1-F_S(x)]f_R(x)\,\mathrm{d}x, \qquad (2.33)$$

în care $F_S(x)$ și $F_R(x)$ sînt funcții de distribuție:

$$F_S(x) = \int_{-\infty}^{x=S} f_S(x)\,\mathrm{d}x \text{ și } F_R(x) = \int_{-\infty}^{x=R} f_R(x)\,\mathrm{d}x. \qquad (2.34)$$

Într-adevăr, probabilitatea ca încărcarea să aibă o valoare mai mare decît valoarea dată S, se scrie:

$$P(x>S) = \int_{x=S}^{+\infty} f_S(x)\,\mathrm{d}x = 1 - \int_{-\infty}^{x=S} f_S(x)\,\mathrm{d}x = 1 - F_S(x), \qquad (2.35)$$

iar probabilitatea ca rezistența să aibă o valoare dată $x = R$, este:

$$f_R(x)\,\mathrm{d}x. \qquad (2.36)$$

Rezultă că probabilitatea de avariere (pierdere a capacității portante) a clădirii sau elementului, cînd S este efectul acțiunii care provoacă depășirea rezistenței R, este:

$$P_r = P(S>R) = \int_0^{-\infty} [1-F_S(x)]f_R(x)\mathrm{d}x, \qquad (2.37)$$

integrala fiind extinsă, evident, numai pentru valori pozitive ale rezistențelor. În mod asemănător se poate evalua probabilitatea de avariere sub forma $P(R\leqslant S)$:

$$P_r = P(R\leqslant S) = \int_0^{+\infty} F_R(x)f_S(x)\,\mathrm{d}x. \qquad (2.38)$$

Expresiile (2.37) și (2.38) evaluează ariile din zona de suprapunere a densității probabilităților acțiunilor și rezistențelor și se numesc *integrale de convoluție*, care se rezolvă grafic sau analitic, obținîndu-se valoarea numerică a probabilității P_r.

Exprimînd condiția de avariere sau rupere $S>R$ prin $R-S\leqslant 0$, se deduce *probabilitatea de avariere* $P_r = P(R-S\leqslant 0)$, adică probabilitatea ca diferența $R-S$ să ia valori negative.

În cazul distribuțiilor normale G a u s s pentru $f_R(x)$ și $f_S(x)$, rezultă că $f_{R-S}(x)$ se distribuie tot normal, avînd media $\bar{X}_{R-S} = \bar{X}_R - \bar{X}_S$ și abaterea standard $\sigma_{R-S} = \sqrt{\sigma_R^2+\sigma_S^2}$. Se demonstrează totodată în teoria probabilității că pentru cazul întîlnit frecvent în practică, cînd $f_R(x)$ și $f_S(x)$ nu au distribuții normale, funcția reprezentativă și diferența lor, $f_{R-S}(x) = f_R(x) - f_S(x)$ are o distribuție mai apropiată de distribuția normală decît de oricare din distribuțiile separate $f_R(x)$ și $f_S(x)$. De aceea, se poate folosi aproximativ pentru $f_{R-S}(x)$ distribuția normală, mai ales cînd nu există date sigure privind distribuția acțiunilor, adică:

$$f_{R-S}(x) = \frac{1}{\sigma_{R-S}\sqrt{2\pi}}\,\mathrm{e}^{-\frac{(x-\bar{x}_{R-S})^2}{2\sigma_{R-S}^2}}, \text{ rezultînd:}$$

$$P_r = P(R-S\leqslant 0) = \int_{-\infty}^{0} f_{R-S}(x)\,\mathrm{d}x = \frac{1}{\sigma_{R-S}\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{0}\mathrm{e}^{-\frac{(x-\bar{x}_{R-S})^2}{2\sigma_{R-S}^2}}\,\mathrm{d}x, \qquad (2.39)$$

care, folosind variabila normată v, definită:

$v = \frac{x - \bar{x}_{R-S}}{\sigma_{R-S}}$; $dv = \frac{dx}{\sigma_{R-S}}$, conduce la formula lui C o r s o pentru:

$$P_r = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{1}{\delta_{R-S}}}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} dv. \qquad (2.40)$$

Cunoscînd δ_{R-S} se poate citi direct probabilitatea P_r din tabelele legii de distribuţie normală G a u s s, care depinde de mărimea coeficientului de variaţie δ_{R-S} al diferenţei $(R-S)$, în limite mari $\left(\frac{6{,}21 \cdot 10^{-3}}{2{,}87 \cdot 10^{-7}} = \frac{6{,}21}{2{,}87} \cdot 10^4\right.$, pentru $\left.\delta_{R-S} \text{ de la } 0{,}4 \text{ la } 0{,}2\right)$.

În cazul aplicării repetate a încărcărilor, probabilitatea ca structura să reziste la n aplicări se măsoară cu funcţia de risc a pierderii capacităţii portante $h(n)$. Probabilitatea comportării sigure, adică reliabilitatea, scade cînd n creşte.

Dacă se ţine seama că în realitate ruperea unui element poate avea loc după mai multe moduri de rupere sau cedare l (încovoiere, forfecare, torsiune etc.) considerate independente şi pentru o singură acţiune aleatoare S sau cu n aplicări succesive ale acţiunii S, se determină probabilitatea de avariere după un singur mod $P_r(l)$ şi ţinînd seama de probabilitatea pentru un singur mod şi pentru o singură acţiune P_r:

$$P_r(l) = lP_r \text{ şi } P_r(l, n) = l \cdot n\, P_r, \qquad (2.41)$$

şi reliabilitatea:

$$L(l) = 1 - l\, P_r \text{ şi } L(l, n) = 1 - l \cdot n\, P_r. \qquad (2.42)$$

Pentru coeficientul de siguranţă există cîteva formulări practice bazate pe interpretarea probabilistică (fig. 2.12) [49].

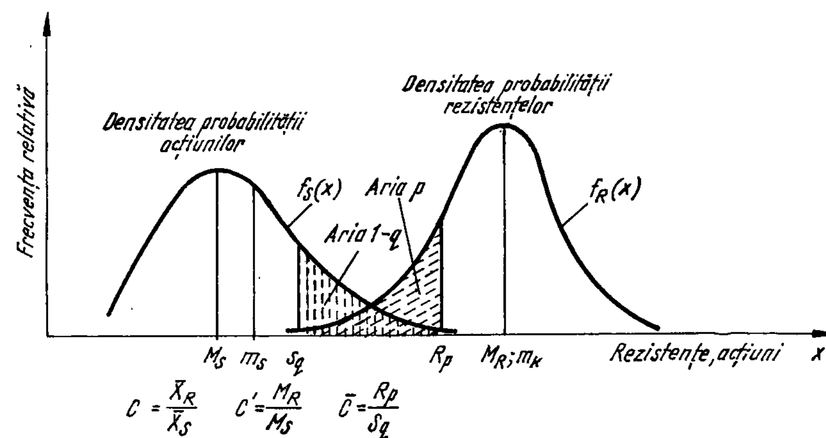


Fig. 2.12. Definirea coeficientului de siguranţă.

1) Coeficientul de siguranţă C, ca raportul între valorile medii ale lui $f_R(x)$ şi $f_S(x)$, respectiv $\bar{x}_R$ şi $\bar{x}_S$ (v. fig. 2.10):

$$C = \frac{\bar{x}_R}{\bar{x}_S}, \qquad (2.43)$$

care se poate exprima în funcţie de $\delta_{v,S}$, $\delta_{v,R}$ şi $\delta_{v,R-S}$ prin ecuaţia (după F r e u d e n t h a l), rezolvată în tabele pentru probabilităţi de avariere: $10^{-4}...10^{-6}$:

$$[1 - (\delta_{v,R}/\delta_{v,R-S})^2]\, C^2 - 2C - [1 - (\delta_{v,S}/\delta_{v,R-S})^2] = 0 \qquad (2.44)$$

2) Ca măsură a siguranţei s-a propus şi inversul coeficientului de variaţie al cantităţii $R-S$, β (după A. C o r n e l l):

$$\beta = \frac{1}{\delta_{v,R-S}}. \qquad (2.45)$$

3) Coeficientul de siguranţă C stabilit în ipoteza distribuţiilor logaritmice normale pentru acţiunea S şi rezistenţa R, în care caz variabilele $\ln R$ şi $\ln S$ respectă distribuţia normală. În general, coeficienţii de variaţie ai rezistenţelor sînt la oţeluri 6...12 % şi la beton 10...25 %, pentru condiţii medii de fabricaţie a oţelului, respectiv de preparare a betonului. Coeficientul de siguranţă C este apreciat pe baza probabilităţilor P, calculate cu ajutorul integralei de convoluţie, iar rezultatele depind de legile de distribuţii folosite şi de valoarea coeficienţilor de variaţie δ_v, care caracterizează statistic rezistenţele şi acţiunile.

4) Coeficientul de siguranţă C', definit ca raportul între modulii distribuţiei rezistenţelor M_R şi ai încărcărilor M_S:

$$C' = \frac{M_R}{M_S}, \qquad (2.46)$$

cînd una sau ambele distribuţii $f_R(x)$, $f_S(x)$ sînt distribuţii unimodale asimetrice. Cele două definiţii (2.43) şi (2.46) se confundă pentru distribuţii unimodale simetrice (G a u s s), căci media şi modulul se confundă şi ele.

5) Coeficientul convenţional de siguranţă $\bar{C}$, definit ca raportul între valoarea minimă a rezistenţei şi valoarea maximă a încărcării:

$$\bar{C} = \frac{R_{min}}{S_{max}}. \qquad (2.47)$$

Coeficientul de siguranţă convenţional poate fi scris pentru anumite probabilităţi stabilite de depăşiri a încărcării S şi reduceri de rezistenţă R, adică pentru valoarea cuantilelor, de exemplu, $S_{0.95}$; $S_{0,98}$, ale încărcării aleatoare S şi $R_{0,05}$; $R_{0,02}$ ale rezistenţelor aleatoare R:

$$\bar{C} = \frac{R_p}{S_q}, \qquad (2.48)$$

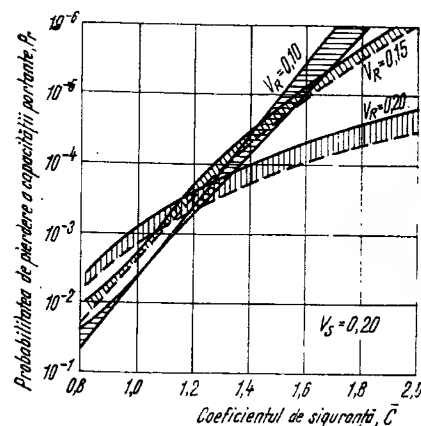


Fig. 2.13. Corelația între coeficientul de siguranță convențional $\bar{C} = R_{0,005}/S_{0,95}$ și probabilitatea de avarie (pierdere a capacității portante).

unde R_p și S_q sînt valorile rezistențelor și încărcărilor cu probabilitate p și respectiv q de a obține valori mai mici decît ele, care sînt alese diferit în funcție de nivelul cunoștințelor statistice.

Se arată că:

$$C = \frac{\bar{x}_R}{\bar{x}_S} = \frac{R_{0.5}}{S_{0,5}} \tag{2.49}$$

și că: $C = \frac{R_p}{S_q}$ cu $(p\,;\,1-q) < 0{,}5$ astfel că rezultă: $\bar{C} < C$.

În figura 2.13 [49] se prezintă corelația dintre coeficienții de siguranță convențională $\bar{C} = R_{0.005}/S_{0.95}$ și probabilitățile de avariere P_r.

Se poate menționa că o creștere importantă a probabilității de rupere are loc prin înlocuirea distribuției normale cu o distribuție de tip extrem.

6) În cazul cînd R și S sînt cantități deterministe, coeficientul de siguranță este definit în mod simplu:

$$c = \frac{R_{determinist}}{S_{determinist}}. \tag{2.50}$$

O apreciere aproximativă a coeficientului de siguranță în metoda de calcul la stările limită se poate face considerînd relațiile (2.13) și (2.21), din care rezultă:

$$c = \frac{n}{m_m m_e k} \text{ sau } c = \frac{n}{m_e k}, \text{ cînd } m_m = 1, \tag{2.51}$$

care pentru valorile: $n = 1{,}1\ldots1{,}4$; $m_e = 1$ și $k = 0{,}5$, rezultă valori ale coeficientului de siguranță de $2{,}2\ldots2{,}8$.

Capitolul 3

ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII

3.1. DEFINIȚII. CLASIFICAREA ȘI GRUPAREA ACȚIUNILOR

3.1.1. DEFINIREA ACȚIUNILOR

Prin *acțiune* se înțelege orice cauză capabilă de a genera stări de solicitare mecanică într-o construcție. Acțiunile pot să se manifeste sub forma unor sisteme de forțe, de deplasări sau deformații impuse (acțiunea temperaturii, a tasării reazemelor, a contracției, a curgerii lente, a umidității, a precomprimării

etc.) sub formă simplă, combinată sau în cazuri mai complexe ca rezultat al unor fenomene de interacțiune dintre construcție și mediul ambiant mecanic — climatic. Acțiunile pot fi de diferite proveniențe, datorate: greutății proprii a elementelor de construcție, destinației funcționale, unor factori naturali ca cei climatici sau seismici etc. sau, în anumite cazuri, unor cauze excepționale (explozii, schimbarea radicală a configurației terenului etc.) și pot avea diferite distribuții în spațiu, cu caracter static sau dinamic. În calcule este necesar să se țină seama de specificul acțiunilor din toate aceste puncte de vedere.

Prin *încărcare* se înțelege reprezentarea unei acțiuni utilizată în calculul construcțiilor. Schemele de încărcare cuprind reprezentări grafice pentru sisteme de forțe, de deplasări sau deformații impuse etc., cu precizarea parametrilor: puncte de aplicație, orientări, intensități pentru acțiuni statice, frecvențe, amplitudini etc. pentru acțiuni dinamice. *Valorile normate* ale parametrilor care caracterizează acțiunile constituie valori de referință și se stabilesc în standardele de specialitate, ținînd seama de specificul variabilității statistice pentru fiecare tip de acțiune. *Valorile de calcul* ale parametrilor care caracterizează acțiunile se stabilesc, de obicei, prin înmulțirea valorilor normate cu *coeficienți ai încărcărilor*, prin care se ține seama de abaterile posibile în sens nefavorabil față de valorile acestor parametri, datorită variabilității statistice a acțiunilor. Ei au de regulă rolul de a spori intensitățile normate și se stabilesc în prescripțiile tehnice pentru fiecare acțiune și pentru verificarea la anumite stări limită. Valorile de calcul se numesc, prescurtat, *valori limită* în verificarea la stările limită ultime și *valori de exploatare* în verificarea la stările limită ale exploatării normale.

În verificarea siguranței construcțiilor se consideră de obicei acțiunile care intervin în mod normal în decursul exploatării, neglijîndu-se acțiunile cu caracter catastrofal (datorită stării de război, unor fenomene naturale imprevizibile etc.).

3.1.2. CLASIFICAREA ACȚIUNILOR

Clasificarea acțiunilor servește pentru verificarea siguranței construcțiilor și alcătuirii unor grupări raționale pentru calculul structurilor.

Criteriul principal de clasificare a acțiunilor, utilizat în STAS 10 101/0—75 *„Clasificarea și gruparea acțiunilor"* aplicat în calculul tuturor categoriilor de construcții, este criteriul frecvenței acțiunilor întîlnite la anumite intensități. Se are în vedere probabilitatea apariției acțiunilor, în anumite intervale de timp, la valori situate în domenii defavorabile, care afectează în mod determinant siguranța construcțiilor.

Se pot distinge următoarele tipuri de acțiuni din punctul de vedere al frecvenței:

— *acțiuni permanente AP*, care se aplică în mod continuu cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul. Această intensitate poate să se reducă sensibil (sau să se anuleze) numai în cazuri excepționale (de exemplu, prin absența temporară a unor părți din structură). În cadrul acțiunilor permanente se consideră: greutatea elementelor permanente de construcție, greutatea și presiunea pămîntului și umpluturilor și efectul precomprimării;

— *acțiuni temporare AT*, care variază sensibil în raport cu timpul sau pot să lipsească total în anumite intervale de timp. Se menționează ca acțiuni temporare pentru construcții civile: încărcările utile curente pe planșeele clădirilor de locuit și social-culturale datorite greutății oamenilor, mobilei și uti-

lajului uşor sau date de pereţii despărţitori; presiunea hidrostatică a apei (presiunea apei cu nivel liber, subpresiunea, efectul apei din pori, presiunea hidrostatică a apei subterane la diferite niveluri); încărcări climatice datorite zăpezii, vîntului şi variaţiilor de temperatură climatică; împingerea pămîntului datorită încărcării terenului cu materiale depozitate; încărcări cu autovehicule pentru garaje şi rampe pentru autoturisme, precum şi pentru pasaje şi curţi carosabile etc.;

— *acţiuni excepţionale AE*, care apar foarte rar, eventual niciodată în viaţa construcţiei la intensităţi semnificative. În cadrul acţiunilor excepţionale se consideră: încărcarea seismică avută în vedere în calculul construcţiilor; încărcări cu caracter de şoc, datorite ciocnirii autovehiculelor de elemente de construcţii sau exploziilor; încărcări datorite ruperii unor elemente de construcţie etc.

În unele situaţii, în conformitate cu prescripţiile de specialitate, pot fi considerate drept acţiuni excepţionale unele acţiuni temporare cu intensităţi deosebit de ridicate (de exemplu, căderi excepţionale de zăpadă, furtuni deosebit de puternice sau cicloane) sau unele acţiuni temporare specifice procesului de execuţie a lucrărilor de construcţii. De asemenea, unele acţiuni permanente, care în anumite stadii de execuţie sau de exploatare a construcţiei pot să lipsească, urmează a fi considerate pentru stadiile respective drept acţiuni temporare.

Clasificarea acţiunilor după criteriul frecvenţei se poate completa sau detalia cu alte clasificări suplimentare, pentru verificarea la anumite stări limită şi pentru anumite categorii de construcţii, ţinîndu-se seama de specificul comportării construcţiilor şi al verificării siguranţei, folosindu-se criterii privind: modul de manifestare (ca sisteme de forţe sau deformaţii date etc.), viteza de încărcare, durata absolută sau relativă pe care o au diferitele intensităţi cu implicaţii asupra comportării materialelor de construcţie etc.

3.1.3. GRUPAREA ACŢIUNILOR

Încărcările pot acţiona simultan asupra construcţiei grupate în diferite combinaţii, iar calculul construcţiilor trebuie efectuat cu considerarea combinaţiilor defavorabile, practic posibile ale diferitelor acţiuni. Ipotezele de calcul, care consideră simultan mai multe încărcări posibile prin intermediul unor valori de calcul afectate de coeficienţii de grupare, reprezintă grupările de încărcări, alcătuite pe baza schemelor de încărcare considerate pentru diferitele acţiuni. Coeficientul de grupare n reprezintă un coeficient care afectează o valoare de calcul pentru o acţiune considerată într-o grupare, astfel încît efectele acestei grupări să corespundă unei asigurări raţionale. Coeficienţii de grupare sînt introduşi cu considerarea probabilităţii reduse de apariţie simultană a acţiunilor la intensităţile cele mai defavorabile, în vederea obţinerii prin grupări a unor intensităţi ale încărcărilor rezultante, eforturilor sau tensiunilor totale etc. care să ducă la o asigurare raţională a structurilor. Valorile coeficienţilor de grupare sînt date în prescripţiile tehnice, pentru diverse categorii de construcţii sau încărcări, indicîndu-se şi eventualele valori subunitare, utilizate în cazul anumitor încărcări. Stabilirea grupărilor de încărcări se face cu considerarea modului specific de aplicare a acţiunilor, în funcţie de natura stărilor limită considerate.

Grupările utilizate în calcul se împart în două categorii principale:

— *grupări fundamentale*, în care se consideră încărcările datorite acţiunilor permanente şi unor acţiuni temporare, a căror prezenţă simultană este practic posibilă;

— *grupări speciale*, în care se consideră, de regulă, încărcările datorite acţiunilor permanente, încărcările datorite unor acţiuni temporare a căror prezenţă în timpul apariţiei unei acţiuni excepţionale este posibilă cu o intensitate cvasipermanentă sau, eventual frecvent întîlnită şi o acţiune excepţională.

În STAS 10 101/0—75 „*Acţiuni în construcţii*" sînt indicate acţiunile permanente *AP*, acţiunile temporare *AT* şi acţiunile excepţionale *AE* întîlnite în calculul tuturor categoriilor de construcţii, consideraţiile generale şi prescripţiile tehnice privind modul de determinare a valorilor utilizate în calcul (valori normate, coeficienţi ai încărcărilor, valori de calcul), ca şi modul de alcătuire a grupărilor (încărcările şi stările limită considerate, valori ale coeficienţilor de grupare etc.).

3.2. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE ŞI ÎNCĂRCĂRI DATORITE PROCESULUI DE EXPLOATARE

3.2.1. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE ŞI GREUTĂŢI TEHNICE

Intensităţile normate ale încărcărilor datorite greutăţii elementelor de construcţie şi pămînturilor, care se manifestă de regulă ca sisteme de forţe date acţionînd static, se stabilesc pe baza valorilor greutăţilor tehnice (greutăţi: specifice, specifice aparente, în grămadă sau în vrac, în stivă etc.) ale materialelor şi produselor de orice natură, în starea în care încarcă construcţiile, ţinîndu-se seama de efectul umidităţii şi gradului de îndesare în condiţiile specifice de execuţie şi exploatare.

În cazuri speciale, greutăţile tehnice se stabilesc prin determinări directe sau pe baza datelor furnizate de fabrici.

În determinarea valorilor normate ale forţelor datorate precomprimării se consideră variaţia în timp a intensităţii precomprimării, ca şi specificul de acţiune, ţinînd seama de modul de realizare.

Valorile normate ale intensităţilor acţiunilor permanente se determină de obicei (v. STAS 10 101/1...9/75), pe baza mediilor statistice, distribuţia lor apropiindu-se de distribuţia normală G a u s s, cu luarea în consideraţie a unor efecte defavorabile datorate umidităţii, condiţiilor de punere în operă etc. Valorile de calcul ale intensităţilor se stabilesc cu ajutorul coeficienţilor încărcărilor permanente, determinaţi pe baza coeficienţilor de variaţie corespunzători, astfel încît valorile de calcul să constituie cuantili cu o asigurare corespunzătoare. Valorile acestor coeficienţi sînt cuprinse în STAS 10 101/1—75 „*Greutăţi tehnice şi încărcări permanente*", care cuprinde şi valorile greutăţilor tehnice ale materialelor şi produselor pentru construcţii, în N/m^3 şi ale încărcărilor permanente date de elementele obişnuite de construcţie, în N/m^2.

Coeficienţii încărcărilor pentru acţiunile permanente variază între 1,1 şi 1,3 pentru stările limită ultime; cînd încărcările permanente au un efect favorabil asupra siguranţei construcţiilor, asupra comportării elementului în secţiunea şi în starea limită analizată, se folosesc coeficienţi subunitari (0,8...0,9) pentru

aceste încărcări. Coeficienţii încărcărilor capătă valoarea 1 pentru verificarea la starea limită ultimă de oboseală, ca şi la stările limită ale exploatării normale. Coeficienţii încărcărilor permanente, luaţi în calcule, se consideră, de obicei, în acelaşi sens pentru toată structura sau partea de structură calculată.

3.2.2. ÎNCĂRCĂRI DATORITE PROCESULUI DE EXPLOATARE

3.2.2.1. **Reguli de evaluare a încărcărilor generate de procesul de exploatare.** Încărcările datorite procesului de exploatare se determină în funcţie de destinaţia construcţiilor, condiţiile respective de exploatare şi cînd este cazul, de modificarea de perspectivă a acestor acţiuni (de exemplu : în cazul greutăţii convoaielor pentru transporturi). De asemenea, trebuie să se ţină seama în mod corespunzător de modul de acţiune a acestor încărcări (în particular, sub forma de forţe date, sub forma de deformaţii sau de deplasări impuse), de caracterul lor static sau dinamic care este precizat de evoluţia lor în timp, de distribuţia în spaţiu a încărcărilor şi de unele aspecte specifice legate de condiţiile de lucru ale structurilor calculate.

Evaluarea încărcărilor datorite proceselor tehnologice, utilajului şi echipamentului trebuie să se facă pe baza tuturor datelor tehnologice şi se specifică, de obicei, în prescripţiile tehnice.

Valorile normate ale intensităţilor acţiunilor temporare se definesc şi se determină pe baza intensităţilor extreme înregistrate în limitele unor perioade de revenire compatibile cu stările limită considerate. Se disting după caz : *intensităţi cvasipermanente*, caracterizate prin medii statistice (de exemplu : medii statistice pentru greutatea pereţilor despărţitori, a utilajului, a fluidelor din conducte) ; *intensităţi frecvent întîlnite*, caracterizate prin valorile extreme ale acţiunilor cu o perioadă de revenire relativ scurtă (de exemplu : intensităţi cu perioade de revenire de 0,5...2 ani, pentru acţiuni climatice) ; *intensităţi rar întîlnite*, caracterizate prin valori extreme ale acţiunilor cu o perioadă de revenire relativ lungă (de exemplu : intensităţi cu perioade de revenire de 5...20 ani pentru acţiunile climatice ; intensităţi extreme, definite în mod corespunzător, pentru încărcarea cu oameni pe planşeele locuinţelor).

În cazul elementelor de construcţie supuse unor încărcări care se modifică de multe ori, datorită unor schimbări ale modului de exploatare (spre exemplu, redistribuirea birourilor, camerelor spitalelor, unor încăperi de depozitare etc.), se poate aprecia un eventual spor al valorilor normate menţionate în prescripţii tehnice, care să ţină seama de mărirea probabilităţii de depăşire a unor intensităţi mari ale încărcării.

Maşinile şi utilajele cu amplasament fix provoacă asupra elementelor de construcţie acţiuni dinamice, prin apariţia forţelor de inerţie, pentru care există prescripţii de specialitate. În mod simplificat se poate considera acţiunea dinamică a utilajelor de ridicare şi transport prin intermediul unui coeficient dinamic egal cu 1,2.

3.2.2.2. **Evaluarea încărcărilor utile curente.** Valorile normate ale intensităţii încărcărilor utile, verticale, curente, aplicate static, pentru încăperi şi spaţii de acces (coridoare, vestibuluri, scări, podeste) ale construcţiilor civile (STAS 10 101/2A1—75), reprezintă valori maxime în condiţii curente de exploatare.

Cînd planşeele clădirilor urmează să suporte obiecte mai grele (sobe, case de bani, aparataj special medical etc.), încărcări date de utilaje speciale (vase de expansiune, rezervoare şi motoare ale instalaţiilor, cazane de încălzire centrală, ascensoare etc.) sau greutatea pereţilor despărţitori, structura se calculează la încărcările echivalente reale acţionînd pe suprafeţele efectiv ocupate, în conformitate cu rezemarea lor.

Pe lîngă încărcările utile curente verticale, distribuite pe suprafaţa orizontală, se întîlnesc şi încărcări utile concentrate verticale şi aplicate pe elemente în poziţia cea mai defavorabilă, ca în cazul treptelor de scări, a elementelor secundare de rezistenţă ale planşeelor (plăcuţe, elemente de umplutură etc.) şi ale acoperişurilor şi teraselor (de exemplu : pane, căpriori, streşini, plăcuţe prefabricate etc.) ; această încărcare concentrată nu se consideră în calcul simultan cu altă încărcare sau cu o încărcare dată de vînt. În cazul balustradelor, încărcările verticale se distribuie liniar (N/m).

Ca încărcări orizontale se menţionează încărcările orizontale la balustrade, încărcarea orizontală distribuită în direcţia şi sensul cel mai dezavantajos la tribune pentru spectatori (1/20 din încărcarea utilă verticală) şi o încărcare orizontală, liniară şi uniform distribuită (500 N/m), aplicată pe pereţii despărţitori neportanţi la o înălţime de 0,90 m de cota pardoselii.

3.2.2.3. **Încărcări date de pereţi despărţitori.** Cînd poziţia şi greutatea pereţilor despărţitori nu sînt cunoscute şi în cazul planşeelor la care se poate considera o repartiţie transversală a încărcărilor liniare, se admite ca acţiunile date de aceşti pereţi să fie considerate drept încărcări echivalente uniform distribuite pe un perimetru al planşeului, pe care sprijinirea acestora este posibilă. Această prevedere se aplică numai pereţilor despărţitori neportanţi a căror greutate distribuită pe lungimea pereţilor este cuprinsă între 1 500 şi 5 000 N/m, la care se consideră ca încărcări echivalente uniform distribuite pe m² valorile (500... 1 500) N/m².

3.2.2.4. **Indicaţii suplimentare pentru încărcări generate de procesul de exploatare.** Prescripţiile tehnice privind încărcările generate de procesul de exploatare pentru calculul construcţiilor civile (STAS 101 01/2A1—75) cuprind o serie de prevederi suplimentare, precum :

— valorile încărcărilor cu autovehicule pentru calculul garajelor, rampelor, pasajelor şi curţilor carosabile, inclusiv a elementelor secundare şi balustradelor planşeelor care suportă autovehicule ;

— considerarea acţiunii dinamice a încărcărilor cu autoturisme a garajelor şi rampelor acestora şi cu autovehicule a pasajelor şi curţilor carosabile, prin folosirea unui coeficient dinamic de 1,2 la calculul planşeelor care suportă vehicule şi al stîlpilor care susţin planşee, în limitele unui singur etaj ;

— forţele orizontale datorate şocului aplicat de la o înălţime de 1,20 m asupra stîlpilor (de colţ, curenţi), pilaştrilor şi în general, reazemelor de colţ sau de fronton ale construcţiilor importante, care se află la cel mult 50 cm distanţă de benzile de circulaţie pentru autovehicule şi care pot fi expuse loviturilor, în cazul cînd fac parte din structura de rezistenţă, iar deteriorarea lor periclitează stabilitatea construcţiei ;

— reducerea încărcărilor utile distribuite pe planşee pentru calculul grinzilor şi stîlpilor de la locuinţe şi instituţii administrative, ştiinţifice, de proiectare şi învăţămînt, birouri etc., ţinîndu-se seama de simultaneitatea de încărcare a diferite elemente de construcţie şi dîndu-se indicaţii speciale în cazul sălilor de lectură ;

— valorile încărcărilor utile în timpul execuţiei pentru cofrajele, cintrele, schelele şi eşafodajele, care pot fi acţionate de o încărcare uniform distribuită, provenită din căile de circulaţie instalate pe cofraj şi din aglomerările de oameni şi de o încărcare concentrată, provenită din greutatea muncitorilor ce transportă

încărcătura sau a mijloacelor de transport încărcate, acționînd asupra cofrajului și elementelor orizontale de susținere, a căror simultaneitate se apreciază în funcție de condițiile reale de lucru. Pereții cofrajelor se calculează la împingerea laterală a betonului și la o încărcare orizontală dinamică, uniform distribuită, provenită din șocurile ce se produc la descărcarea betonului. Elementele prefabricate se verifică la încărcările din timpul transportului, a montajului și în timpul execuției, ținîndu-se seama că capacitatea lor portantă este atinsă după întărirea betonului turnat la fața locului (în îmbinări destinate să transmită eforturi, la suprabetonări etc.);

— variantele de încărcare a planșeelor cu încărcări utile, care trebuie să ia în considerare condițiile reale de exploatare ale construcțiilor. Cînd nu există date suficiente în acest scop, se pot considera în calcul următoarele variante pentru schemele de încărcare a diferitelor planșee:

1) absența pe planșee a încărcării utile;

2) încărcarea completă a planșeului;

3) încărcarea parțială, conform unei ipoteze defavorabile a suprafeței planșeului, pentru elementele sensibile la o astfel de schemă.

Schema (3) se consideră, în cazul structurilor etajate, simultan pentru cel mult jumătate (cu rotunjiri în plus) din numărul de planșee, dar nu mai puțin decît două. Celelalte planșee se consideră încărcate după schemele (1) și (2).

Încărcările datorate podurilor rulante sînt prezentate în STAS 10 101/2A2—75.

Dacă în timpul execuției se consideră că unele încărcări utile, în afară de cele specifice, pot avea efecte dinamice importante, se ține seama obligatoriu, în calcule, de acestea.

3.2.2.5. **Coeficienții încărcărilor și valorile lor de calcul.** Valorile coeficienților încărcărilor pentru verificarea la stările limită ultime sînt supraunitare, fiind cuprinse între 1,0 și 1,4; în cazul încărcărilor dinamice se folosesc coeficienții dinamici indicați în STAS 10 101/2A1—75 sau în alte prescripții tehnice. Coeficienții încărcării pentru verificarea la starea limită de oboseală variază între 0,4 și 1,0, avînd valoarea nulă în cazul încărcărilor care acționează în timpul execuției construcțiilor și în cazul încărcărilor verticale sau orizontale concentrate sau distribuite pe balustrade, parapete etc.

Coeficienții încărcărilor pentru stările limită ale exploatării normale în condiții de exploatare de scurtă durată se iau egali cu unitatea, iar în condiții de exploatare de lungă durată se iau la fel ca pentru starea limită de oboseală.

Valorile de calcul, care intervin în alcătuirea grupărilor de încărcări pentru verificarea la stările limită ultime (cu excepția stării limită de oboseală), se determină cu ajutorul coeficienților de grupare, de obicei cu valori între 0,4 și 1,0, după frecvența intensităților (cvasipermanente și rar întîlnite).

3.3. ÎNCĂRCĂRI DATE DE VÎNT

3.3.1. VÎNTUL, ELEMENT CLIMATIC

Mediul climatic acționează mecanic asupra construcțiilor, în principal prin încărcările date de vînt, de zăpadă și de temperatura exterioară. Totodată construcțiile trebuie protejate de umeziri datorate precipitațiilor: ploaie, ploaie cu vînt etc., care pot fi urmate în anumite condiții de acțiuni mecanice. Regimul vînturilor este foarte complicat pe regiuni întinse și pe porțiuni mici

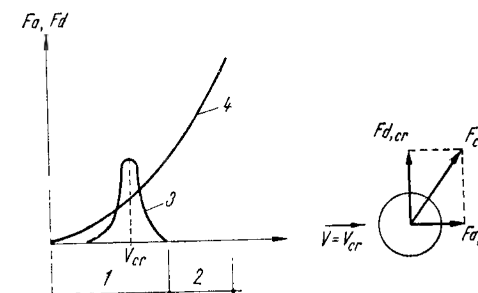


Fig. 3.1. Reprezentarea schematică a acțiunii vîntului asupra construcțiilor:
1 — domeniul vitezelor pentru vînt laminar; *2* — domeniul vitezelor pentru vînt turbulent; *3* — variația forței laterale de derivă, F_d, în regim laminar; *4* — variația forței de antrenare, F_a.

ale teritoriului țării și poate fi caracterizat prin *roza vînturilor*, care dă frecvența și tăria (intensitatea) medie a vîntului, măsurată după scara Beaufort, de obicei după 8 direcții, raportate la punctele cardinale.

La viteze mici, regimul este laminar și are efecte statice asupra construcțiilor, iar vîrtejurile alternante Karman, care se produc prin scurgerea aerului în jurul construcției, provoacă pe lîngă forța de antrenare *Fa*, dirijată după direcția vîntului, o forță laterală de derivă *Fd*, aplicată normal pe direcția vîntului (fig. 3.1).

Numeroase observații au evidențiat oscilațiile construcțiilor zvelte în direcția perpendiculară pe acțiunea vîntului, care apar numai în regim laminar și pentru viteze relativ mici (<25 m/s). Cînd perioada proprie a vîntului coincide cu perioada proprie de vibrație a construcției poate avea loc rezonanța, adică oscilații maxime ale construcției perpendicular pe direcția vîntului, la care corespunde viteza critică V_{cr}. La viteze mai mari decît 25 m/s mișcarea aerului devine *turbulentă* și se manifestă prin rafale (pulsații) succesive, adică printr-o succesiune de fluctuații bruște și repetate periodic, la intervale scurte, ale vitezei și direcției vîntului față de viteza și direcția medie de mișcare a masei de aer (fig. 3.2). Se precizează că viteza este cea mai importantă caracteristică a vîntului din punctul de vedere al acțiunii sale mecanice asupra construcțiilor și ea determină presiunea exercitată de vînt asupra lor.

Viteza vîntului se măsoară cu anemometre, amplasate de obicei într-o regiune plană, în afara orașelor, în zone neadăpostite, deschise, fără case sau arbori și libere de orice obstacole, la o înălțime de 10 m pentru a evita influența frecării de sol și a altor obstacole. Se fac măsurători și în orașe, anemometrele montîndu-se pe clădiri înalte, turnuri etc. Pentru construcțiile importante se recomandă să se efectueze înregistrări și analize statistice ale vitezei vîntului în amplasamentul construcției.

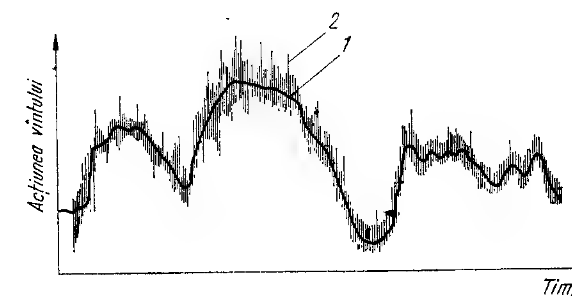


Fig. 3.2. Variația în timp a vitezei vîntului:
1 — viteza medie de bază; *2* — viteza de rafală sau de vîrf.

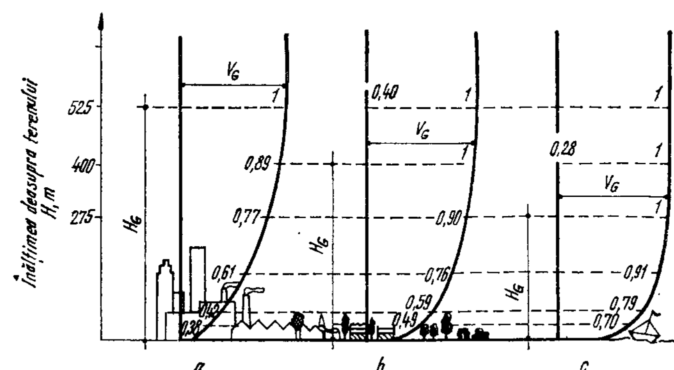


Fig. 3.3. Profilul variației vitezelor medii ale vîntului pe înălțime :

a – zone centrale ale marilor orașe cu clădiri înalte, $V_H = V_G\,(H/HG)^{0,40}$; *b* – zone împădurite, orașe mici. $V_H = V_G(H/H_G)^{0,29}$; *c* – zone deschise, litoral, cîmpii. $V_H = V_G\,(H/H_G)^{0,16}$.

Viteza vîntului într-un punct geografic dat variază cu înălțimea fiind mai mică lîngă sol, datorită frecării; profilul de variație a vitezei vîntului este influențat de *rugozitatea terenului* (fig. 3. 3). La o înălțime suficientă, denumită *înălțimea gradientului* H_G, viteza se stabilizează, scurgerea masei de aer devine laminară și se caracterizează prin valoarea limită a vitezei vîntului, numită *gradientul vîntului* V_G. Înălțimea gradientului H_G diferă (525; 400 sau 275 m), după starea de rugozitate α a terenului ($\alpha = 0{,}40$; 0,29 sau 0,16, v. fig. 3.3). Direcția și tăria vîntului reprezintă date de bază și în studiul problemelor de ventilație și de permeabilitate la ploaie și vînt a elementelor exterioare de construcție sub acțiunea simultană a ploii și vîntului.

3.3.2. DEFINIREA STATISTICĂ A VITEZEI VÎNTULUI

Viteza mediată a vîntului este o mărime aleatoare, a cărei exprimare se poate face numai pe baze statistice. În afară de vitezele medii ale totalității valorilor seriei pe perioada de 10 ani, care respectă în general distribuția P e a r s o n tip III sau W e i b u l l, un interes deosebit pentru calculul construcțiilor îl prezintă vitezele maxime, care determină presiunile maxime exercitate de vînt asupra construcțiilor. În acest scop sînt selecționate valorile maxime: zilnice, lunare și anuale ale vitezelor medii (în sensul de mediate), aplicîndu-se teoria valorilor extreme. Se folosește noțiunea de perioadă de revenire T_r a unei valori mai mari decît V, care este numărul de ani care trec în medie între două valori ale variabilei cu viteze mai mari sau egale ca V, astfel că perioada de revenire este o măsură a gradului de siguranță acceptat pentru structură. Cercetările sovietice au arătat că mediile statistice ale valorilor maxime ale vitezei vîntului determinate pe intervale de timp între 10 și 40 ani sînt apropiate, astfel încît durata ciclului de observație poate fi scurtă, iar practic se pot considera corecte valori ale perioadei de revenire de 20 pînă la 50 ani în cazul construcțiilor curente. Se menționează că dintre toate acțiunile exterioare climatice care se exercită asupra structurilor, vîntul este cel mai adecvat pentru interpretări statistice.

3.3.3. PRESIUNEA VÎNTULUI

Vîntul posedă energie cinetică prin masa și viteza aerului în mișcare. Această energie cinetică se transformă la întîlnirea unui obstacol, total sau în parte, în energie potențială a presiunii.

3.3.3.1. **Relația dintre presiunea și viteza vîntului.** Relația teoretică dintre viteza și presiunea vîntului pe o suprafață plană izbită perpendicular de masa de aer, considerată ca un corp elastic, a fost determinată pentru prima dată de N e w t o n în ipoteza că prin izbire se consumă întreaga energie cinetică a vîntului, pe baza legii lui B e r n o u l l i și a egalității dintre energia cinetică și lucrul mecanic:

$$g_v = \frac{1}{2}\rho V^2, \qquad (3.1)$$

unde g_v este presiunea dinamică de bază a vîntului, în kN/m²;

ρ — densitatea aerului, în t/m³;

V — viteza vîntului, în m/s; în prescripțiile tehnice se precizează valoarea vitezei convenționale V_{conv}, utilizată în calculul structurilor.

La 20°C și cu $\rho = 1{,}225 \times 10^{-3}$ t/m³, presiunea dinamică de bază pe suprafețele plane, perpendiculare pe direcția orizontală a vîntului se poate exprima cu ajutorul relației:

$$g_v = \frac{V^2_{conv}}{1\,630}\ [\mathrm{kN/m^2}]. \qquad (3.2)$$

Din formula teoretică (3.2) rezultă că presiunea vîntului este independentă de forma și mărimea suprafeței bătute de vînt, ceea ce nu corespunde cu realitatea; de aceea, în practică formula se completează cu coeficienți de corecție, determinați experimental care țin seama de forma construcțiilor. Totodată, relația (3.2) evidențiază că aceiași parametri influențează și valorile vitezei și ale presiunii, printre care în primul rînd se amintește înălțimea deasupra terenului.

3.3.3.2. **Legea de variație a presiunii vîntului cu înălțimea.** Ca legi de variație a presiunii dinamice de bază cu înălțimea, aspect deosebit de important pentru clădirile cu multe niveluri și înalte, se menționează:

— după *Davenport*:

$$g_{v,H} = g_{v,G}\left(\frac{H}{H_G}\right)^{2\alpha}\ [\mathrm{kN/m^2}], \qquad (3.3)$$

în care $g_{v,G}$ este presiunea dinamică a gradientului vitezei, exprimată cu relația:

$$g_{v,G} = \frac{V^2_G}{1\,630}\ [\mathrm{kN/m^2}]; \qquad (3.4)$$

— după *formula clasică*, utilizată în numeroase prescripții tehnice:

$$g_{v,H} = g_{v,10}\left(\frac{H}{10}\right)^{2\alpha_1}\ [\mathrm{kN/m^2}], \qquad (3.5)$$

în care $g_{v,10}$ este presiunea dinamică de bază la înălțimea de 10 m.

În proiectare se utilizează diagrame convenționale simplificate și acoperitoare, de obicei în trepte, alteori cu variație liniară (fig. 3.4).

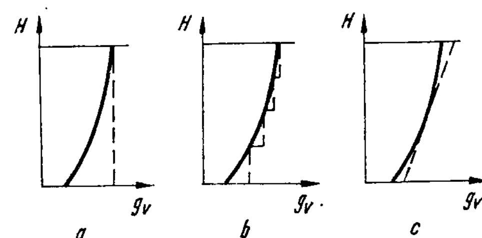


Fig. 3.4. Diagrame simplificate pentru variaţia presiunii dinamice a vîntului pe înălţime:
a – curbilinie; *b* – în trepte; *c* – liniară.

3.3.3.3. **Valori pentru presiunea dinamică de bază.** În STAS 10 101/20-75 *„Acţiunea vîntului"* sînt date valorile pentru presiunea dinamică de bază, care corespund unei perioade de revenire T_r de circa 10 ani. Teritoriul ţării noastre este împărţit în 4 zone (*A*, *B*, *C*, *D*) cu înălţimi pînă la 800 m şi o zonă (*E*) cu altitudini cuprinse între 800 şi 2 400 m deasupra nivelului mării. Sînt indicate valori pentru presiunea dinamică de bază pe înălţime pentru trepte de 10 pînă la 150 m, pentru trepte de 50 pînă la 350 m, după care se consideră că se realizează gradientul vitezei V_G, adică o viteză constantă. În tabelul 3.1 sînt arătate presiunile dinamice de bază pentru cele 4 zone (*A*, *B*, *C*, *D*) la sol şi la înălţimea de 10 m deasupra solului, pentru amplasamente *extravilan* (zone deschise, cîmpie, maluri libere ale apelor etc.) şi *intravilan*, în funcţie de distribuţia obstacolelor situate în vecinătatea construcţiei. Construcţiile se pot considera ca amplasate intravilan cînd sînt situate în zone construite în ansambluri industriale, în oraşe, în zone cu masive de pădure sau cu obstacole naturale echivalente, care au înălţimea mai mare de 10 m şi sînt distribuite în toate direcţiile în raport cu construcţia considerată.

Presiunea dinamică de bază la înălţimea de 10 m pentru construcţiile situate în zona *E* are valori cuprinse între 0,45 şi 1,80 kN/m².

Adăpostirea numai parţială a construcţiilor necesită o analiză a gradului lor de adăpostire, ţinînd seama de condiţiile reale pentru stabilirea presiunii dinamice de bază, admiţîndu-se interpolarea între valorile indicate pentru amplasamente extravilan şi intravilan.

De obicei, nu se ţine seama de efectul adăpostirii în cazul sucţiunii şi a construcţiilor situate pe bulevarde largi, în pieţe şi în general, la colţurile străzilor sau în alte locuri unde poate avea loc accelerarea mişcării masei de aer.

În unele cazuri, dispoziţia unor grupuri de construcţii sau a altor obstacole poate conduce la efecte defavorabile privind mărirea presiunii dinamice de bază, fiind necesare studii speciale pentru evaluarea corectă a efectelor vîntului.

Tabelul 3.1

Înălţimea deasupra terenului, m	Presiunea dinamică de bază, kN/m²							
	Zona *A*		Zona *B*		Zona *C*		Zona *D*	
	E	*I*	*E*	*I*	*E*	*I*	*E*	*I*
0	0,45		0,55		0,70		0,85	
10	0,45	0,34	0,55	0,41	0,70	0,53	0,85	0,64

E – Extravilan; *I* – Intravilan

Se admite reducerea valorilor presiunii dinamice de bază în cazul construcţiilor provizorii şi cu înălţimea redusă (<5 m) sau majorarea lor pentru construcţiile situate în zone deosebit de expuse vîntului (dealuri, zona înaltă a platourilor etc.), cînd se consideră ca presiune dinamică de bază valoarea corespunzătoare celui mai înalt punct al clădirii.

Pentru unele construcţii cu amplasamente în condiţii locale deosebite sau în regiuni muntoase, în văi, pe vîrfuri de teren etc., pentru care presiunea dinamică de bază poate căpăta valori neprevăzute, se recomandă stabilirea acestor valori cu ajutorul unor cercetări fundamentale, asigurîndu-se acestor construcţii o siguranţă apropiată de aceea a construcţiilor situate în condiţii curente din punctul de vedere al acţiunii eoliene.

3.3.4. FORŢE DIN VÎNT. RĂSPUNSUL EOLIAN AL STRUCTURILOR

Presiunile dinamice exercitate de acţiunea vîntului asupra construcţiilor le solicită printr-o acţiune de ansamblu, cît şi direct prin efectele locale asupra elementelor şi părţilor de construcţie.

3.3.4.1. **Direcţia vîntului.** Pentru determinarea efectelor vîntului se consideră că direcţia curentului de aer este orizontală şi că vîntul se exercită din orice direcţie. Numai în cazuri speciale, cînd panta terenului depăşeşte 30% pe o distanţă de minimum 100 m în jurul construcţiei, direcţia vîntului se consideră paralelă cu suprafaţa terenului.

În raport cu construcţia, vîntul acţionează din orice direcţie, după roza vînturilor. Direcţia vîntului în calcule se consideră, în general:

— aceeaşi cu direcţiile axelor principale de inerţie ale clădirii, perpendicular pe suprafeţele bătute de vînt, cînd nu există axe de simetrie;

— aceeaşi cu direcţiile axelor de simetrie ale suprafeţei geometrice acoperită de clădiri.

În cazuri speciale, ca de exemplu stîlpi prismatici cu zăbreluţe, este necesar ca direcţia vîntului să se considere orientată şi după diagonală.

3.3.4.2. **Componentele încărcării date de vînt.** Acţiunea vîntului se manifestă prin componentele forţelor generate de mişcarea aerului, normal la suprafaţa expusă, sub formă de presiune (împingere) pe suprafeţele expuse direct la vînt şi prin sucţiune (sugere) pe suprafeţele ferite, dar antrenate de vînt (fig. 3.5).

Determinarea intensităţilor normate ale încărcărilor normale din vînt se face cu ajutorul relaţiei:

$$p_v^n = \beta c_n g_v, \quad (3.6)$$

în care p_v^n este componenta normală a acţiunii vîntului la suprafaţa expusă, în kN/m²;
β — coeficientul dinamic, care ia în consideraţie efectele oscilaţiilor proprii ale structurii sub acţiunea dinamică a vîntului;
c_n — coeficientul aerodinamic al componentei normale a acţiunii vîntului, în funcţie de forma şi geometria construcţiei;
g_v — presiunea dinamică de bază la înălţimea respectivă, în kN/m².

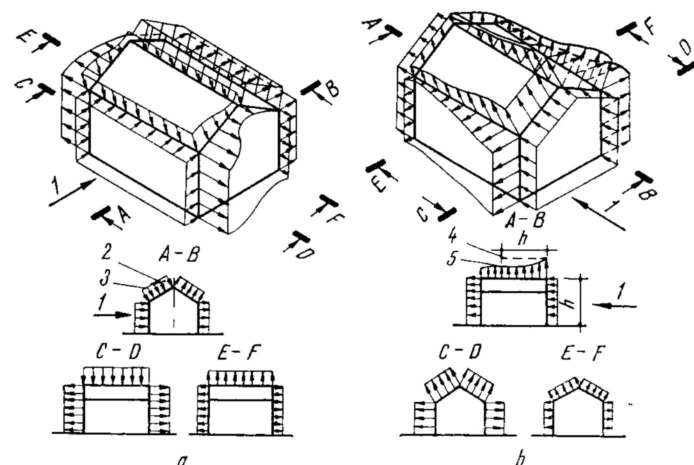


Fig. 3.5. Reprezentarea schematică a presiunilor (+) şi sucţiunilor (—) produse de vîntul care acţionează:

a — transversal clădirii; *b* — în lungul clădirii; *1* — direcţia vîntului; *2* — presiunea admisă în calcule; *3* — presiunea reală; *4* — sucţiunea admisă în calcule; *5* — sucţiunea reală.

De asemenea, vîntul exercită o acţiune de frecare tangenţială pe suprafeţele paralele cu direcţia sa, componentele tangenţiale ale încărcărilor date de vînt la suprafaţa expusă, determinîndu-se numai în cazul suprafeţelor mari, cînd sînt semnificative, cu ajutorul relaţiei:

$$p_f^n = \beta\, c_f g_v, \tag{3.7}$$

în care p_f^n este componenta tangenţială de frecare a acţiunii vîntului la suprafaţa expusă, considerată distribuită, în kN/m²;

c_f — coeficient aerodinamic tangenţial (de frecare), care se poate lua $c_f = 0{,}025$.

Se admite în calcule că presiunile şi sucţiunile au valori constante, acoperitoare pe aceeaşi porţiune sau suprafaţă a clădirii. La construcţii cu multe etaje şi înalte, presiunile sau sucţiunile pe înălţimea construcţiilor se distribuie, de obicei, în trepte de 10 m.

Forţele din vînt aplicate pe elementele exterioare de construcţie se obţin prin înmulţirea presiunii dinamice de bază normată p_v^n, rareori p_f^n, cu suprafeţele respective şi reprezintă încărcările normate din vînt. Astfel, încărcarea normată dată de acţiunea vîntului exercitată normal pe un perete exterior de faţadă, alcătuit din suprafeţe elementare A_i, acţionate de presiuni dinamice diferite cu înălţimea, $p_{v,i}^n$ se obţine cu relaţia:

$$\sum_{i=1}^{n} p_{v,i}^n A_i \quad [\text{kN}]. \tag{3.8}$$

Exprimări sintetice ale presiunii vîntului se găsesc în ultimul timp în multe prescripţii tehnice, cum sînt, de exemplu, prescripţiile americane, care indică relaţia generală:

$$p_v^n = \frac{1}{2}\, c\, c_{top}\, \beta \rho\, V_h^2 \left(\frac{H}{h}\right)^{\frac{2}{\alpha}}, \tag{3.9}$$

în care c este coeficientul aerodinamic care depinde de geometria structurii (formă, dimensiuni etc.);

c_{top} — coeficient depinzînd de configuraţia topografică a terenului înconjurător;

β — coeficient dinamic, depinzînd de rafalele vîntului (durată, dimensiuni, viteză), de dimensiunile, flexibilitatea sau rigiditatea laterală a structurii;

V_h — viteza convenţională, de bază, determinată la înălţimea h (diferită după autor şi prescripţii);

H — înălţimea deasupra terenului, pentru care se determină presiunea sau înălţimea caracteristică a structurii;

α — exponent care evidenţiază creşterea vitezei vîntului cu înălţimea, influenţat şi de rugozitatea suprafeţei terenului din vecinătatea amplasamentului.

Există şi alţi factori care influenţează valoarea presiunii vîntului: unghiul de incidenţă al vîntului, comportarea terenului de fundaţie, presiunile interioare din clădiri etc.

Relaţia (3.9) evidenţiază că încărcările exercitate de vînt asupra construcţiilor depind de *factori naturali* (densitatea şi viteza aerului, configuraţia topografică a zonei), de *factori cvasinaturali* (rafalele vîntului, rugozitatea amplasamentului) şi de *factori de concepţie* (flexibilitatea sau rigiditatea laterală şi geometria structurii, ca dimensiuni şi formă), prin care se poate influenţa răspunsul eolian al construcţiilor [25].

Se poate observa că relaţiile pentru presiunea şi forţele date de vînt consideră principalii factori ai acţiunii eoliene ca *variabile independente*, ceea ce reprezintă o formulare simplificată însă suficient de corectă în majoritatea cazurilor practice, pentru încărcările date de vînt.

3.3.4.3. **Încărcări rezultante date de vînt. Acţiunea indirectă a vîntului asupra elementelor structurii.** Forţele din vînt aplicate construcţiilor pot fi considerate şi prin rezultantele lor, determinate pe ansamblul elementelor de construcţie sau pe unitatea lor de lungime. Rezultanta încărcărilor provenite din vînt P_t^n se calculează pentru grinzi cu zăbrele sau construcţii cu suprafaţă exterioară cilindrică, tubulară, cu relaţia:

$$P_t^n = c_t\, g_v\, A_t \quad [\text{kN}], \tag{3.10}$$

în care A_t este aria totală afectată, iar c_t — coeficientul rezultantei acţiunii vîntului.

Rezultanta forţelor din vînt se calculează pentru alte construcţii pe baza presiunilor, sucţiunilor şi forţelor tangenţiale corespunzătoare, determinate pentru fiecare element de suprafaţă, conform schemelor de încărcare considerate în calcul. La acţiunile de ansamblu (antrenare, răsturnare, torsiune, sucţiune generală etc.) se verifică unele tipuri de construcţii (cele uşoare, fermele speciale, acoperişurile suspendate etc.).

Acţiunea de ansamblu se determină prin rezultanta vectorială a tuturor forţelor aerodinamice care acţionează construcţia, avînd direcţia definită de cea a vîntului şi poate fi descompusă în trei componente (fig. 3.6):

— componenta orizontală după direcţia vîntului, denumită *forţă de antrenare* F_a;

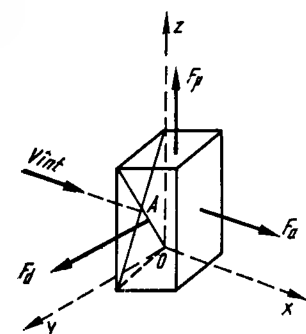


Fig. 3.6. Componentele forței totale rezultante din vînt, exercitate pe o structură de construcție.

— componenta orizontală, perpendiculară pe direcția vîntului, denumită *forță de derivă* F_d;

— componenta verticală, ca *forță de portanță* (*liftare*) F_p, cuprinsă într-un plan perpendicular pe direcția orizontală a vîntului.

Prin reducerea rezultantei față de orice punct al structurii (centru de greutate, un colț de la baza clădirii etc.) se poate cunoaște efectul mecanic al vîntului în acel punct, echivalent cu un vector forță și un vector moment, care se pot descompune.

Astfel, în cazul cel mai general, acțiunea de ansamblu a vîntului pe o structură se reduce la trei forțe (de antrenare, derivă, portanță) și două momente, de răsturnare și de torsiune, situate într-un plan orizontal, respectiv vertical. În cazurile obișnuite se consideră forța de antrenare și momentul de răsturnare. Sub acțiunea momentului de răsturnare se dezvoltă în elementele structurii eforturi de echilibrare (fig. 3.7).

Cunoașterea acțiunii vîntului asupra structurilor este complexă și dificilă, căci comportarea lor eoliană rezultă ca efect al *interacțiunii dintre trei corpuri* cu proprietăți diferite: structura, terenul amplasamentului și vîntul, adică aerul natural în mișcare (fig. 3.8) [25].

Vîntul exercită asupra construcțiilor o acțiune dinamică, dar forțele din vînt pot fi considerate drept forțe statice pentru construcțiile obișnuite, coeficientul dinamic β avînd valoarea unu în expresiile (3.6) și (3.7), cu excepția cazurilor menționate la punctul 3.3.5, cînd oscilațiile elementelor de construcție, produse de acțiunea vîntului, sînt importante și este necesară considerarea caracterului dinamic al presiunii vîntului.

Acțiunea vîntului, care depinde de suprafețele bătute de vînt, sporește odată cu creșterea suprafețelor exterioare și a flexibilității construcției. Analiza acțiunii dinamice asupra clădirilor înalte, deosebit de importante, se face printr-un calcul dinamic.

3.3.4.4. **Coeficienții aerodinamici și ai încărcărilor.** 3.3.4.4.1. *Coeficienții aerodinamici.* Valorile coeficienților aerodinamici c_n sînt date în STAS 10 101/20-75 pentru scheme de încărcări din vînt a diferitelor categorii de construcții

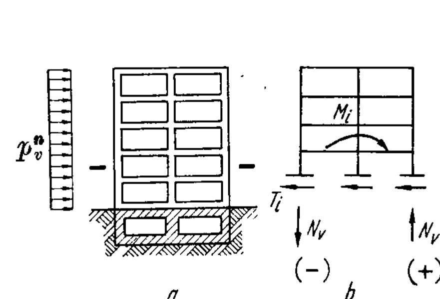


Fig. 3.7. Eforturi în stîlpii unui cadru sub acțiunea momentului de răsturnare, provenit din acțiunea vîntului:

a — schița cadrului; *b* — echilibrarea momentului de răsturnare în secțiune.

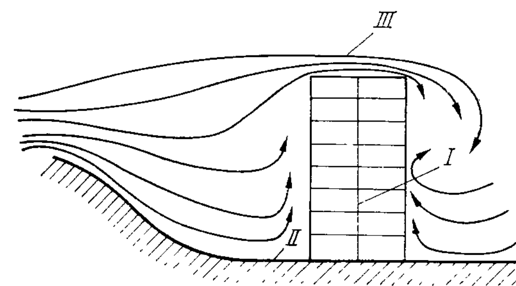


Fig. 3.8. Schema interacțiunii dintre structură, terenul amplasamentului și vînt (aer în mișcare), în cazul acțiunii eoliene:

I – structura; *II* – terenul (topografie, rugozitate etc.); *III* – aerul în mișcare, sub formă de vînt.

Tabelul 3.2

Coeficientul	H/l \ α	0	0,5	1	2
c_{n_1}	0°	0	−0,6	−0,7	−0,8
	20°	+0,2	−0,4	−0,7	−0,8
	⩾60°	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8
c_{n_2}	—	−0,4	−0,4	−0,5	−0,8
Coeficientul	H/l \ B/l	0	0.5	1	2
c_{n_3}	⩽ 1	—	−0,4	−0,5	−0,6
	⩾ 2	—	0.5	−0,6	−0,6

specificîndu-se valorile pozitive (+) care corespund presiunii și valorile negative (—) care corespund sucțiunii. În general, suprafețele expuse bătăii vîntului sînt supuse la presiuni, iar cele neexpuse bătăii vîntului, la sucțiuni.

În tabelul 3.2 se dau valorile coeficienților aerodinamici c_{n_1}, c_{n_2} și c_{n_3} pentru construcții cu forme în plan dreptunghiulare și cu acoperișul în două pante, în funcție de rapoartele H/l; B/l și unghiul α; H, B, l și α avînd semnificațiile din figura 3.9. După cum se observă, coeficientul c_{n_1} pentru panta acoperișului expusă vîntului capătă valori pozitive sau negative, în funcție de înclinarea acoperișului și de raportul dintre înălțimea construcției și lățimea ei.

3.3.4.4.2. *Coeficienții încărcărilor.* Valorile coeficienților încărcării n pentru verificarea la stările limită ultime, cu excepția stării limită de oboseală, sînt 1,2 și 1,3 pentru construcții curente, respectiv sensibile și 1,4 sau analizate în mod special pentru construcții zvelte, deosebit de înalte și deosebit de expuse, la care dimensionarea este efectiv condiționată de acțiunea vîntului. În calculul la rezonanță și la starea limită a exploatării normale pentru condiții de scurtă durată se consideră $n = 1$. Valorile de calcul, obținute pe baza presiunii dinamice de bază și a coeficienților încărcărilor, au o perioadă de revenire T_r de 20 ... 50 ani.

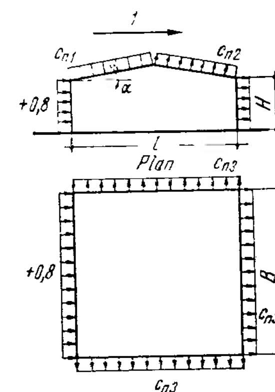


Fig. 3.9. Coeficienții aerodinamici c_{n1}, c_{n2} și c_{n3} pentru o construcție închisă, de formă dreptunghiulară în plan, cu acoperiș în două pante:

1 – direcția vîntului.

3.3.5. RĂSPUNSUL EOLIAN AL CONSTRUCȚIILOR ZVELTE

Puține structuri și anume structurile zvelte, flexibile sînt calculate la acțiunea vîntului cu considerarea efectelor dinamice, adică $\beta \neq 1$, în formulele (3.6) și (3.7). Printre structurile sensibile la acțiunea dinamică a vîntului se menționează clădirile înalte, pilonii, turnurile și antenele zvelte, coșurile de fum și stîlpii liniilor electrice aeriene, aparatele și utilajele în formă de coloană, galeriile de transport, podurile suspendate și acoperișurile pe cabluri etc. care au o perioadă proprie fundamentală de vibrație $T_I > 0,25$ s; de obicei,

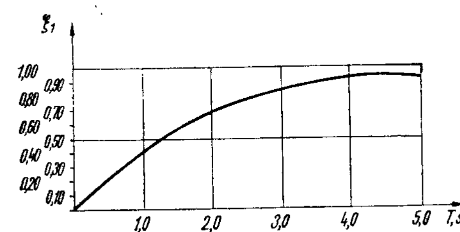


Fig. 3.10. Variația coeficientului ξ_1 cu perioada T a construcției.

Tabelul 3.3

Tipul construcției	Coeficientul ξ_2
Structuri metalice	3,3
Structuri din beton precomprimat	2,7
Structuri din beton armat și zidărie	2,4
Clădiri cu structuri metalice	2,4
Clădiri cu structuri din beton armat sau zidărie	1,7

orice construcție cu înălțimea mai mare de 150 m se calculează la acțiunea dinamică a vîntului.

3.3.5.1. **Oscilațiile construcțiilor în planul care conține direcția vîntului.** În acest caz, valoarea coeficientului dinamic β se determină cu ajutorul relației :

$$\beta = 1 + \xi r, \tag{3.11}$$

unde ξ este coeficientul de amplificare, care se stabilește cu relația : $\xi = \xi_1 \xi_2$, în care ξ_1 este dat în figura 3.10, iar ξ_2, indicat în tabelul 3.3, se determină în funcție de natura materialelor din care sînt alcătuite elementele de construcție, care se deformează în timpul oscilațiilor ;
r — coeficient de rafală, stabilit în funcție de înălțimea punctului considerat, variind între 0,36 și 0,10 pentru înălțimi de la 10 la 400 m.

3.3.5.2. **Oscilațiile construcțiilor în planul normal pe direcția vîntului.** Posibilitatea de apariție a fenomenului de rezonanță, datorită forțelor periodice aplicate normal pe direcția vîntului de vîrtejurile alternante produse prin scurgerea aerului în jurul construcției, se analizează în calculul construcțiilor zvelte cînd $V_{cr} < 25$ m/s.

Perioada vîrtejurilor T_k, în s, pentru o viteză dată a vîntului, se calculează cu relația :

$$T_k = \frac{d}{Sv}, \tag{3.12}$$

în care : d este diametrul (lățimea) construcției, în m ;
v — viteza efectivă a vîntului, în m/s ;
S — numărul lui Strouhal ; se recomandă $S = 0,20$ sau $S = 0,25$ pentru secțiuni circulare, respectiv pătrate.

Viteza critică a vîntului V_{cr}, în m/s, corespunzătoare rezonanței, se determină cu ajutorul relației :

$$V_{cr} = \frac{d}{ST_I}, \tag{3.13}$$

în care T_I este perioada proprie fundamentală, în s.

Intensitatea forțelor statice de derivă P_d, în kN, echivalente forțelor aplicate normal pe direcția vîntului, este dată de relația :

$$P_d = 0{,}16\beta' \, g_{cr} \, d \frac{z}{H} \text{ [kN]}, \tag{3.14}$$

în care : g_{cr} este presiunea dinamică de bază corespunzătoare vitezei critice V_{cr} adică $g_{cr} = V_{cr}/1630$, în kN/m² ;
H — înălțimea construcției, în m ;
z — cota deasupra terenului, în m ;
β' — coeficientul dinamic care ține seama de efectul dinamic al vîntului, dat de expresia $\beta' = 3{,}16/\delta_I$;
δ_I — decrementul logaritmic al oscilațiilor proprii fundamentale ale construcției, care se evaluează în funcție de natura materialelor antrenate în procesul de deformare dinamică ; cînd nu există date precise se pot lua pentru decrementul logaritmic valori 0,1 ; 0,2 ; 0,3 sau 0,4 pentru structuri metalice, din beton precomprimat, din beton armat, respectiv din zidărie.

Calculul la rezonanță se face prin gruparea încărcărilor aplicate normale pe direcția vîntului P_d, cu încărcările paralele cu direcția vîntului P_a, calculate cu ajutorul relației (3.6), în care :

$$V_{conv} = V_{cr}.$$

În acest caz rezultă :

$$P_{din} = \sqrt{P_a^2 + P_d^2}, \tag{3.15}$$

în care P_{din}, în kN, se calculează pe metru vertical sau pe tronsoane din înălțimea construcției zvelte (turn, antenă etc.).

3.3.6. INDICAȚII PRIVIND CALCULUL CONSTRUCȚIILOR LA ACȚIUNEA VÎNTULUI

Pentru construcțiile zvelte sau în cazurile în care stabilitatea construcției depinde direct de acțiunea vîntului, se analizează încadrarea acțiunii vîntului la intensități cvasipermanente sau frecvent întîlnite.

În analiza fenomenelor de răsturnare (verificare la stabilitate) și de instabilitate a formei se combină efectele vîntului cu ale celorlalte acțiuni (gravitaționale, utile etc.) și se apreciază valoarea presiunii dinamice de bază.

Construcțiile cu deschideri mari (hale, hangare) trebuie calculate ținîndu-se seama de presiunea sau sucțiunea interioară, datorită vîntului, repartizată pe toate fețele. Se consideră presiuni (+) pe fețele perpendiculare direcției de pătrundere a vîntului prin deschideri și sucțiuni (—) pe fețele paralele cu direcția vîntului. Valoarea presiunii sau sucțiunii interioare se ia $\pm 0{,}2\, g_v$ pentru pereții și acoperișurile cu permeabilitate normală și $\pm 0{,}5\, g_v$ pentru cei cu goluri mai mari de 15 % din suprafața respectivă. Presiunea sau sucțiunea efectivă de calcul este dată de rezultanta presiunilor sau sucțiunilor exterioare și interioare (fig. 3.11).

Prinderile acoperișurilor la streașină și coamă, vîrful calcanelor sau colțurile clădirilor sînt supuse la sucțiuni ; calculul se face pentru o valoare a sucțiunii de 2 g_v aplicată pe o porțiune de acoperiș de 0,5 m de o parte și de alta a muchiei respective.

La acoperișuri cu pante mai mici de 40° pot acționa simultan încărcările date de vînt și zăpadă. La pante mai mari nu se poate realiza simultaneitatea încărcărilor date de vînt și zăpadă, decît atunci cînd este posibilă o aglomerare

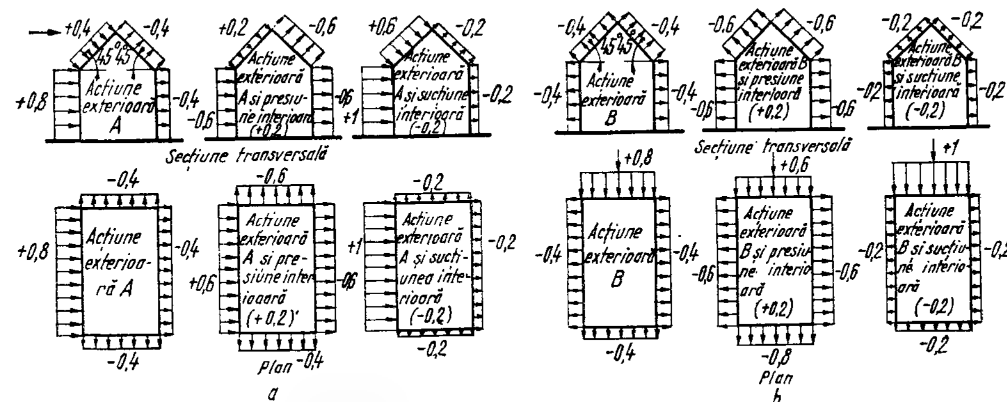


Fig. 3.11. Presiunile sau sucțiunile efective de calcul, date de rezultanta presiunilor sau sucțiunilor interioare și exterioare.

de zăpadă prin alăturarea mai multor acoperișuri sau datorită formei speciale a acestora.

La clădirile închise se consideră acțiunea vîntului și asupra pereților interiori, luînd ca presiuni totale, rezultante ale efectelor pe ambele fețe, valori de $\pm 0{,}4\ g_v$ și de $\pm 0{,}2\ g_v$ pentru pereții care separă complet, respectiv incomplet spațiul interior.

3.4. ÎNCĂRCĂRI DATE DE ZĂPADĂ

3.4.1. ZĂPADA, ELEMENT CLIMATIC ÎN ȚARA NOASTRĂ

Grosimea medie anuală a stratului de zăpadă este diferită pe regiuni, de la 31,4 pînă la 118,0 cm; după observațiile din perioada 1926...1955 grosimea medie a zăpezii a fost de 70 cm. Importante sînt grosimile maxime, care în cazul zăpezii cresc odată cu durata ciclului de observație. La noi în țară, grosimile maxime absolute se obțin în ierni excepționale, care se produc după un ciclu de circa 11 ani: 1916...1917, 1928...1929, 1941...1942, 1953...1954.

În special iarna din luna februarie 1954 a fost de o intensitate și durată nemaiîntîlnită în ultimul secol în țara noastră, din punctul de vedere al cantității de zăpadă căzută, mai ales în jumătatea de sud a țării. Grosimea stratului de zăpadă a variat între 106 cm la București-Băneasa și 151...153 cm la Calafat-Făurei, ajungînd un maximum excepțional de 173 cm la Călărași. În locurile în care zăpada a fost troienită s-a ajuns la grosimi de cîțiva metri înălțime. În aceeași iarnă, viscolul din Bărăgan a atins viteza de 25...35 m/s, iar temperatura a scăzut pînă la —33°C. În figura 3.12 este arătată frecvența grosimilor maxime absolute pe țară ale stratului de zăpadă, pe perioada 1926...1955. Durata stratului de zăpadă variază între 30

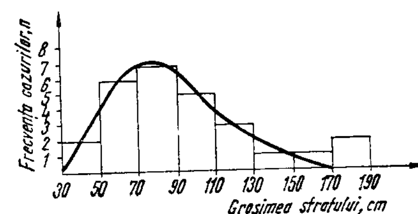


Fig. 3.12. Frecvența grosimilor maxime absolute pe țară ale stratului de zăpadă, pe perioada anilor 1929...1955.

și 50 de zile, ajungînd în regiunile muntoase la mai mult de 100 de zile și pe culmile munților la peste 200 de zile.

Densitatea zăpezii la —10°C oscilează în jur de 100 kg/m³, dacă este nou căzută; zăpezile vechi suprapuse ajung pînă la 180...350 kg/m³.

3.4.2. ACȚIUNEA ZĂPEZII ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

Intensitatea normată a încărcării dată de zăpadă, în kN/m², într-un punct al suprafeței expuse a elementului de construcție se determină cu ajutorul relației:

$$p_z^n = c_z\, g_z, \tag{3.16}$$

în care: g_z este greutatea de referință a stratului de zăpadă, determinată pe baza distribuției statistice a greutăților extreme anuale la nivelul terenului plat;

c_z — coeficientul de formă al suprafeței construcției expusă zăpezii.

Teritoriul țării noastre este împărțit în patru zone geografice (A, B, C, D) pentru altitudini pînă la 600 m deasupra mării, cu $g_z = 0{,}5$; 0,7 și 1,0 kN/m² și o zonă E, cu altitudini H depășind 600 m pentru care:

$$g_z = 0{,}7 + 0{,}0015\ (H - 600). \tag{3.17}$$

Greutatea g_z a stratului de zăpadă la nivelul terenului poate fi sporită în funcție de condițiile locale (în văi și în alte zone cu aglomerare posibilă de zăpadă), considerînd grosimile reale măsurate și greutatea specifică a zăpezii egală cu 2,5 kN/m³.

Valorile coeficienților c_z se determină conform schemelor din STAS 10 101/21-75 „*Încărcări date de zăpadă*“, în care se consideră pe lîngă zăpada proaspătă, efectul topirii parțiale și aglomerărilor datorite vîntului și se indică majorarea și reducerea valorii lui g_z în anumite cazuri (fig. 3. 13).

În figura 3.14 se arată schemele de încărcări pentru acoperișuri multiple, unde este posibilă aglomerarea zăpezii. La clădirile cu acoperișuri cu mai multe niveluri, acoperișul inferior poate fi supus la un spor de încărcare cu zăpadă, din cauza căderii zăpezii de pe acoperișul superior, ceea ce se evaluează de la caz la caz. În același STAS sînt indicați coeficienții încărcărilor pentru diferitele stări limită, care pentru stările limită ultime, cu excepția stării limită de oboseală, capătă valorile,

— pentru zonele A, B, C:

$$n = 1{,}1 + 0{,}8\,\frac{g_z}{g_t},\ \text{cu condiția } 1{,}4 \leqslant n \leqslant 1{,}6\,; \tag{3.18}$$

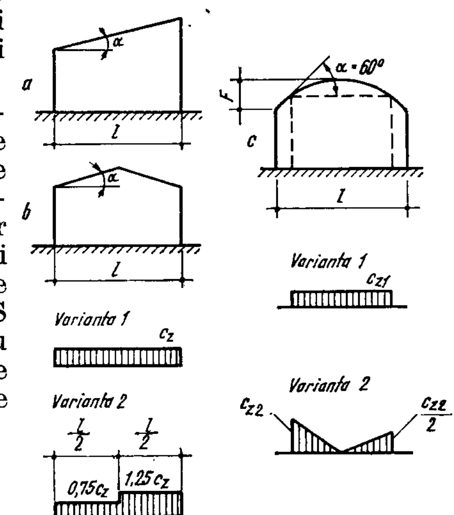


Fig. 3.13. Scheme de încărcări cu zăpadă pentru acoperișuri:
a — cu o pantă; *b* — cu două pante; *c* — curb.

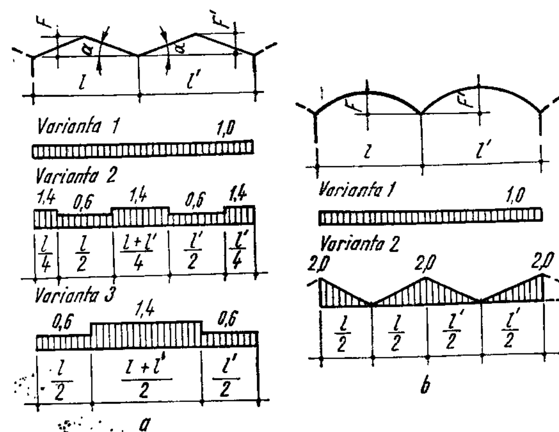


Fig. 3.14. Scheme de încărcări cu zăpadă şi valorile coeficienţilor c_z, pentru acoperişuri multiple;
a — acoperişuri plane; *b* — acoperişuri curbe.

— pentru zona *D*:

$$n = 1,1 + 1,5 \frac{g_z}{g_t}, \text{ cu condiţia}$$

$$1,6 \leqslant n \leqslant 2,00, \quad (3.19)$$

unde:

g_z este intensitatea normată a încărcării din zăpadă, în kN/m²;

g_t — încărcarea totală, considerată distribuită uniform (valoare normată), care acţionează pe direcţia verticală asupra elementului de acoperiş.

În acest caz, valorile de calcul au în medie o perioadă de revenire $T_r = 50$ ani, pentru acoperişurile uşoare.

3.5. ÎNCĂRCĂRI DATE DE TEMPERATURA EXTERIOARĂ

Variaţiile dimensionale (de lungime) din temperatură se exprimă în funcţie de diferenţa de temperatură, ΔT:

$$\Delta l = l\alpha_t \Delta T, \quad (3.20)$$

unde α_t este coeficientul de dilatare liniară, în cm/cm, °C.

Cînd variaţiile dimensionale sînt împiedicate, ca în cazul structurilor static nedeterminate, se pot dezvolta tensiuni importante $\sigma_t = E\alpha_t \Delta T$, independente de geometria elementului de construcţie. Deci, acţiunea variaţiilor de temperatură se manifestă sub forma unor deformaţii impuse ale elementelor de construcţie, prin împiedicarea deformării libere ca efect al variaţiei de temperatură. Astfel, construcţiile sînt prevăzute cu *rosturi de dilatare*, pentru reducerea efectelor variaţiilor de temperatură. La construcţiile metalice, variaţiile în lungime pot fi deosebit de mari, în lipsa rosturilor (fig. 3.15).

Metoda simplificată de calcul, utilizată cînd efectul acţiunii exterioare nu are o importanţă deosebită pentru dimensionarea construcţiilor, consideră:

— temperaturile exterioare normate (presupuse a coincide cu temperaturile uniform distribuite dezvoltate în elementele de construcţie) cele din tabelul 3.4; se neglijează deformaţiile din diferenţa de temperatură la feţele secţiunilor $\delta_{t(+)}$ şi $\delta_{t(-)}$;

— temperaturile iniţiale, $t_{0(+)}$ şi $t_{0(-)}$ stabilite ţinînd seama de condiţiile de temperatură în perioada încheierii construcţiei;

Tabelul 3.4

Tipul construcţiei	Temperatura maximă	Temperatura minimă
Construcţii metalice neînglobate în elemente masive	+40°C	−30°C
Construcţii de zidărie, beton sau beton armat	+30°C	−20°C

— variaţiile de temperaturi normate:

$$\Delta t^n_{(+)} = t^n_{(+)} - t_{0(-)}; \quad (3.21)$$

$$\Delta t^n_{(-)} = t^n_{(-)} - t_{0(+)}, \quad (3.22)$$

care nu vor depăşi valorile: ±40°C pentru construcţii metalice neînglobate în elemente masive şi ±30°C pentru construcţii de zidărie, beton şi beton armat.

Valorile de calcul se determină cu ajutorul coeficienţilor încărcării, diferiţi după starea limită (0,6...1,2) şi se iau drept valori rar întîlnite pentru verificarea la stările limită ultime, care consideră şi acţiunea temperaturii exterioare.

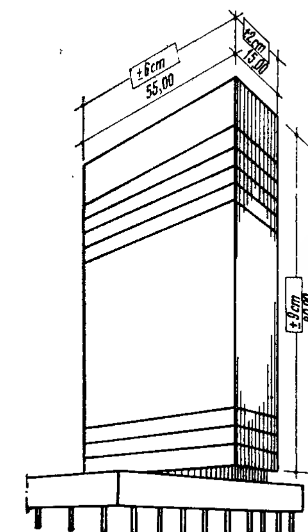


Fig. 3.15. Variaţiile dimensionale ale unor pereţi — cortină din aluminiu de dimensiuni identice cu ale clădirii Level Building din New York, în ipoteza absenţei rosturilor de dilataţie, pentru $\Delta T = 100$°C.

În STAS 10 101/23—75, „*Încărcări date de temperatura exterioară*" sînt cuprinse indicaţii complete privind determinarea variaţiei temperaturilor medii ale secţiunilor $\Delta_{t(+)}$, $\Delta_{t(-)}$ şi a diferenţelor de temperatură la feţele secţiunilor $\delta_{t(+)}$, $\delta_{t(-)}$ în sezonul călduros, luna iulie, respectiv cel friguros, luna ianuarie, pentru elementele de construcţie alcătuite dintr-un singur strat sau din mai multe straturi, în cadrul unei metode exacte pentru evaluarea efectelor temperaturii exterioare (valori normate), inclusiv toate elementele necesare pentru calcul.

3.6. ACŢIUNI SEISMICE

3.6.1. METODE DE CALCULUL CONSTRUCŢIILOR LA ÎNCĂRCĂRI SEISMICE

Cutremurul dă naştere la mişcarea oscilatorie a pămîntului, care provoacă în toate punctele unei construcţii situate într-o zonă seismică forţe de inerţie, dirijate după direcţii oarecare, reprezentînd încărcările seismice. Componentele verticale ale acestor încărcări seismice sînt, în general, mici şi pot fi preluate fără greutate de construcţiile obişnuite. Componentele orizontale ale încărcărilor seismice provoacă însă elementelor portante eforturi mari cu o distribuţie total diferită de cea dată de încărcările curente (permanente, utile etc.).

Pînă nu de mult construcţiile au fost calculate la încărcări seismice pe baza calculului convenţional, static. În acest calcul se admitea că acceleraţiile tuturor punctelor construcţiei au o valoare medie a_i, depinzînd numai de cutre-

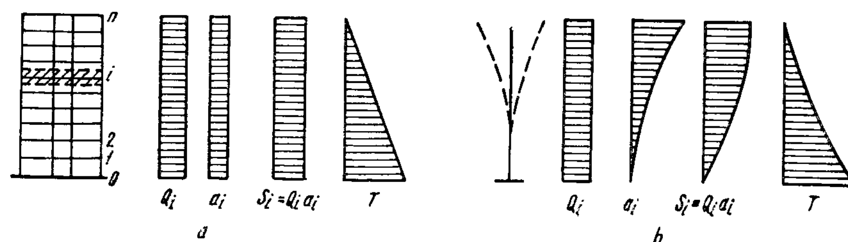


Fig. 3.16. Determinarea acțiunilor seismice:
a – prin calculul static; *b* – prin calculul cvasidinamic.

mur, neglijîndu-se deci oscilațiile construcțiilor. Încărcările seismice se calculau cu formula:

$$S_i = \frac{Q_i}{g}\, a_i = c\, Q_i, \qquad (3.23)$$

în care Q_i este încărcarea totală verticală a nivelului i.

Se consideră deci că axa mediană a construcției rămîne dreaptă în timpul mișcării, indiferent de oscilațiile sale, adică indiferent de rigiditatea sa laterală (fig. 3.16, *a*).

În ultimul timp, atît în normele din alte țări, cît și în cele din țara noastră s-a introdus calculul cvasidinamic al construcțiilor la încărcări seismice, care ține seama că modul de comportare la cutremur al unei construcții depinde în primul rînd de caracteristicile dinamice ale construcției respective, de perioada sa proprie de vibrație T și de factorii de amortizare și apoi de caracterul mișcării pămîntului în timpul cutremurelor și în sfîrșit, de natura pămîntului de fundație și de interacțiunea teren-construcție (fig. 3.16, *b*). Calculul cvasidinamic este prevăzut în normativul P 13–70, „*Normativ pentru calculul construcțiilor la încărcări seimice*". Analiza dinamică se folosește pentru construcții deosebit de importante, solicitate seismic.

3.6.2. GRADUL DE SEISMICITATE DE CALCUL AL CONSTRUCȚIILOR

Gradul de seismicitate de calcul pentru construcții se determină conform normativului P13–70 pe baza:

– gradului de seismicitate al zonei în care este amplasată construcția, dat în harta de macro- și microraionare seismică:

– clasei de importanță a construcției.

3.6.3. DETERMINAREA ÎNCĂRCĂRILOR SEISMICE

3.6.3.1. **Direcțiile încărcărilor seismice.** Încărcările seismice se consideră în mod convențional în calculul construcțiilor ca forțe aplicate static, însă coeficienții care intră în formulele de calcul ale încărcărilor se determină pe baza unui calcul dinamic.

Încărcările seismice și distribuția lor pe înălțimea construcției, pentru clădiri civile curente se determină în mod aproximativ, pe baza indicațiilor practice din normativul P 13–70.

Structura principală de rezistență a construcțiilor se verifică la încărcări seismice acționînd orizontal, după orice direcție, cu următoarele simplificări:

– cînd elementele portante verticale sînt dispuse după două direcții ortogonale, se iau în considerație aceste direcții;

– la celelalte construcții se admite a se lua în considerație numai direcțiile axelor principale de rigiditate ale ansamblului structurii de rezistență.

În cazuri speciale, elementele structurii principale de rezistență se verifică și la încărcări seismice acționînd vertical.

La verificarea reazemelor și ancorajelor se consideră ipotezele cu încărcări seismice acționînd vertical și orizontal.

3.6.3.2. **Determinarea încărcării seismice orizontale.** Forța seismică totală orizontală S_r, care acționează asupra construcției (forța tăietoare la baza construcției) se calculează cu formula:

$$S_r = c_r Q = K_s \varepsilon_r \beta_r \psi Q \qquad (3.24)$$

unde: c_r este coeficientul de seismicitate calculat cu formula: $c_r = K_s \varepsilon_r \beta_r \psi$ și se ia cel puțin egal cu 0,02;

K_s – coeficientul care ține seama de caracteristicile seismice ale zonei unde este amplasată construcția, avînd în mod curent valori cuprinse între 0,03 și 0,12;

ε_r – coeficientul de echivalență al sistemului real cu mai multe grade de libertate cu un sistem convențional de calcul, cu un singur grad de libertate;

β_r – coeficientul care ține seama de caracteristicile dinamice ale construcției, considerată ca un sistem convențional cu un singur grad de libertate și care depinde de perioada de vibrație proprie T a acestui sistem pentru modul de vibrație la care se face calculul și de natura terenului de fundație (fig. 3. 17);

ψ – coeficient ce exprimă efectul amortizării vibrațiilor produse de încărcările seismice și ductilitatea (capacitatea de deformare în domeniul plastic) ținînd seama de natura materialelor și felul structurii;

$Q = \sum_1^n Q_k$ – rezultanta încărcărilor gravitaționale Q_k, pentru toate nivelurile k ale construcției, determinată prin multiplicarea încărcărilor gravitaționale normate cu coeficienți de grupare.

Valoarea coeficientului ε_r se determină cu formula:

$$\varepsilon_r = \frac{\left[\sum_1^n Q_k U_{kr}\right]^2}{\sum_1^n Q_k \left[\sum_1^n Q_k U_{kr}^2\right]}, \qquad (3.25)$$

unde U_{kr} este deplasarea orizontală a axei structurii pe direcția de acțiune a încărcărilor seismice, la nivelul k, după modul r de vibrație la care se face calculul (fig. 3.18).

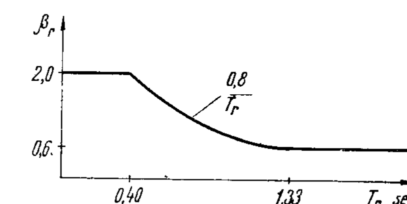


Fig. 3.17. Variația coeficientului dinamic β_r cu perioada de vibrație proprie, T_r.

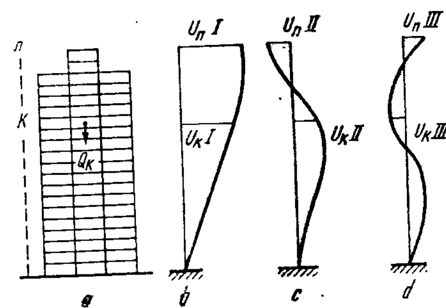


Fig. 3.18. Alura deformatei clădirii pentru diverse moduri de vibrație:

a — schema structurii cu notarea nivelurilor; *b* — alura deformatei clădirii pentru modul I de vibrație; *c* — alura deformatei clădirii pentru modul II de vibrație; *d* — alura deformatei clădirii pentru modul III de vibrație.

Pentru clădirile civile curente, forma deformatei axului structurii se determină în mod aproximativ pe baza indicațiilor din normativul P 13—70. Pentru clădirile civile importante este necesar a se face un calcul dinamic pentru determinarea perioadei de vibrație proprie a construcțiilor, deplasările stabilindu-se pe baza metodelor obișnuite ale dinamicii.

3.6.3.3. **Distribuția încărcării seismice orizontale S pe înălțimea construcției.** Încărcarea seismică orizontală totală S_r se repartizează pe înălțimea construcției, la diferite niveluri, după formula:

$$S_{kr} = S_r \frac{Q_k U_{kr}}{\sum_1^n Q_k U_{kr}}. \tag{3.26}$$

Încărcările seismice orizontale de nivel S_{kr} se pot determina și direct cu formula (fig. 3.18):

$$S_{kr} = c_k Q_k = K_s \beta_r \psi \eta_{kr} Q_k, \tag{3.27}$$

în care s-a notat prin η_{kr} coeficientul de formă:

$$\eta_{kr} = \frac{\sum_1^n Q_k U_{kr}}{\sum_1^n Q_k U_{kr}^2} U_{kr}. \tag{3.28}$$

În acest caz trebuie făcută verificarea condiției:

$$S_I = \sum_1^n S_{kI} \geqslant 0{,}02\, Q. \tag{3.29}$$

Deoarece formulele (3.26) și (3.27) sînt echivalente, între coeficienții ε_r și η_{kr} există relația:

$$\varepsilon_r = \frac{\sum_1^n Q_k U_{kr}}{Q U_{kr}} \eta_{kr}. \tag{3.30}$$

Pentru clădirile civile de tip curent, calculul încărcărilor seismice orizontale se efectuează numai pentru modul I (fundamental) de vibrație proprie a construcției.

3.6.3.4. **Determinarea încărcărilor seismice verticale.** Verificarea construcțiilor la încărcări seismice verticale este necesară pentru elementele portante importante ale structurii de rezistență, ca de exemplu consolele ce acoperă tribunele, structurile suspendate, consolele cu încărcări mari, grinzile ce susțin stîlpii etc. Efectul încărcărilor seismice verticale se ia în considerație prin sporirea încărcărilor gravitaționale de calcul.

3.6.3.5. **Determinarea încărcărilor seismice pentru elementele care nu fac parte din structura principală de rezistență.** Pentru elementele de construcție care nu fac parte din structura principală de rezistență, încărcările seismice se determină cu relația:

$$S = c\, Q \tag{3.31}$$

unde c este coeficientul de seismicitate global;
Q — greutatea elementului afectată de coeficientul încărcării egal cu 1.

3.7. ALTE ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII

3.7.1. VARIAȚII DIMENSIONALE ȘI MIȘCĂRI DIFERENȚIALE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Pe lîngă variațiile dimensionale din diferențele de temperatură (dilatarea sau scurtarea termică), ale căror efecte neplăcute sînt evitate, în general, prin utilizarea rosturilor de dilatație, în construcții se întîlnesc și alte deformații impuse, cum sînt cele datorate încărcărilor de durată, tasărilor fundațiilor sau umidității (pierdere sau sporire de umiditate).

Variațiile dimensionale din umiditate sînt foarte diferite și pot fi deosebit de importante, mai ales în cazul anumitor materiale: pietre, betoane grele și ușoare, produse ceramice arse supuse la variații dimensionale cu atît mai sensibile cu cît sînt mai poroase; materialele plastice cu variații considerabile; lemnul cu dilatare puternică perpendicular pe fibre și mult mai mică în sensul fibrelor. La stabilirea deformațiilor impuse din variațiile de umiditate, trebuie să se țină seama că materialele de construcții au grade diferite de umiditate, în timpul execuției și în exploatare și trebuie să se deosebească contracțiile și umflările, care însoțesc fenomene fizico-chimice și care sînt ireversibile, de simplele variații dimensionale datorate higrotermiei.

De asemenea, trebuie să se țină seamă la proiectarea construcțiilor și de variațiile dimensionale din încărcările de durată, la care sînt supuse elementele de construcție, cum sînt cele din fluaj sau curgere lentă. Deformațiile din curgerea lentă se dezvoltă sub încărcările permanente în cazul materialelor vîscoase-elastice. Toate materialele obișnuite de construcții manifestă curgere lentă (betoanele, produsele ceramice, lemnul). Curgerea lentă este importantă pentru variațiile de lungă durată și în cunoașterea stării de tensiuni în elementele compuse din materiale cu proprietăți diferite de curgere lentă.

3.7.2. ACȚIUNI DIN EXPLOZII. ACȚIUNI ACCIDENTALE

Unele accidente recente ale construcțiilor și mai ales ale celor din elemente prefabricate, cum este dezastrul de la Ronan-Point din Londra, cînd o explozie de gaz la al 18-lea planșeu a provocat prăbușirea progresivă pînă la teren a unui colț dintr-un bloc înalt de 22 niveluri, realizat din panouri mari, a atras atenția asupra acțiunilor accidentale de natura exploziei de gaz. Alte acțiuni accidentale pot fi exploziile din petrol, impactul vehiculelor, alunecarea terenului de fundație, cedarea fundației, defecte ale materialelor și de execuție etc., care pot provoca degradări ale construcțiilor. În cazul exploziilor poate avea loc ***prăbușirea progresivă*** (progressive collapse) definită prin dezvoltarea degradării locale, care se poate produce sub efectul direct al acțiunii accidentale și la alte părți ale structurii îndepărtate de locul (punctul) inițial al degradării, cu probabilitatea de a afecta întreaga stabilitate a structurii.

Este necesar ca riscul unei prăbușiri progresive să fie îndepărtat, prin măsuri constructive, care să reducă la minimum, restrîngînd degradările locale, provocate de acțiunile accidentale. Aceasta mai ales în cazul structurilor care folosesc elemente prefabricate și care sînt mai sensibile la aceste acțiuni accidentale, dacă elementele verticale și orizontale ale structurii spațiale n-au fost suficient solidarizate între ele, cum este cazul clădirilor din panouri mari de beton armat, numite de către constructorul spaniol T o r r o j a ***castele din cutii de chibrituri*** sau ***clădiri din cărți de joc***. Structurile se proiectează astfel ca, în cazul cînd o porțiune dintr-un element oarecare de rezistență este scoasă din funcțiune, să se poată limita și localiza prăbușirea în continuare a structurii la nivelul din care face parte această porțiune, adică cel mult la nivelurile vecine, adiacente, superior sau inferior care există. Prin ***porțiunea elementului de rezistență*** se înțelege acea parte (perete, de exemplu) care este situată lîngă sau acoperă deschiderea dintre reazemele alăturate, adiacente sau dintre un reazem și extremitatea elementului.

Intensitatea acțiunilor accidentale se stabilește cu ajutorul statisticii matematice, eventual la început în mod determinist. Presiunea maximă a exploziei de gaz, la care se apreciază că trebuie să reziste pereții portanți de zidărie ai clădirilor cu cinci sau mai multe niveluri se consideră în calcule egale cu 0,0345 N/mm^2 (5 lb/in^2), după recomandările normelor engleze. Măsurătorile au arătat o mare împrăștiere a valorilor presiunilor, în funcție de natura și structura peretelui : presiunea de 0,689 N/mm^2 sau 100 lb/in^2 este întîlnită rareori în cazul unui apartament închis, iar presiunile obișnuite întîlnite în practică sînt cu mult mai mici, mai ales în cazul pereților exteriori cu ferestre sau uși-ferestre (presiuni de 0,007 N/mm^2 sau 1,00 lb/in^2).

Alte acțiuni accidentale asupra construcțiilor se dezvoltă în urma exploziilor exterioare construcțiilor, care cuprind atît mișcările vibratorii ale terenului în cazul exploziilor subterane, cît și variațiile presiunii aerului datorate exploziilor aeriene, provocate de activitatea omenească. Efectele exploziei subterane pot fi considerate ca excitații seismice. Exploziile aeriene de deasupra terenului sînt urmate de unde de presiune ale căror caracteristici se pot aprecia, astfel că efectele lor asupra structurilor pot fi studiate cu ajutorul dinamicii construcțiilor.

Acțiunile accidentale pot fi provocate și de către explozii de bombe, lovirea avioanelor de clădirile înalte etc.

Capitolul 4

COORDONAREA MODULARĂ ȘI TOLERANȚELE ÎN CONSTRUCȚII

4.1. INTRODUCERE. SCURT ISTORIC

În întreaga istorie a construcțiilor, chiar din antichitate, arhitecții și constructorii au realizat clădiri monumentale, adevărate opere de artă prin proporționarea armonioasă, estetică și rațională a diferitelor elemente și părți componente de construcție, între ele și în ansamblu, folosind ingenioase rapoarte bine alese și prin corelarea dimensiunilor construcției în ansamblu și a elementelor sale independente, componente, pentru asigurarea asamblării lor în construcție, ca o entitate. Încă în antichitate, proiectarea construcțiilor mai importante s-a făcut cu ajutorul unui modul și a unor relații prestabilite între dimensiuni, adunate pentru prima oară de V i t r u v i u, care a descoperit canonul razei secțiunii de la baza coloanei, folosit la construirea templelor antice grecești. S-au folosit, de asemenea, unele relații proporționale, bazate pe pătrate și pe dreptunghiuri cu lățime constantă și lungimi egale cu diagonalele dreptunghiului precedent (fig. 4.1) și în special așa-numita *secțiune de aur* (1 : 1,62 sau 5 : 8 = 1,6).

Asemenea proporții și rapoarte sînt cuprinse în lucrările a numeroși arhitecți-constructori (V i t r u v i u, P a l l a d i o, S c a m o z z i, B l o n d e l, T h i e r s c h, V i o l e t l e D u c, L e C o r b u s i e r și alții).

Existau însă în diferite țări numeroase unități de măsură pentru dimensiunile în construcții (numai în Germania existau circa 600 asemenea unități diferite), lipsind un sistem unitar de măsură pentru dimensiuni.

De-abia în 1791, Academia franceză a propus *metrul*, care din anul 1800 reprezintă unitatea de măsură a lungimilor, acceptată internațional.

Astăzi, industrializarea construcțiilor se bazează pe tipizarea și standardizarea elementelor de construcții identice, fabricate pe cale industrială, în serii mari. Asamblarea prefabricatelor este posibilă numai dacă dimensiunile lor sînt corelate; de aceea, dimensiunile construcțiilor, ale elementelor, părților și detaliilor de construcție, ale fabricatelor, prefabricatelor și materialelor de construcție se stabilesc în prezent pe baza sistemului modular unic (coordonării modulare) și a toleranțelor în construcții.

Proiectarea construcțiilor unicate, reconstituite sau ale unor părți de construcții (curbe, oblice, în unghi etc.) se face fără aplicarea regulilor de coordonare modulară.

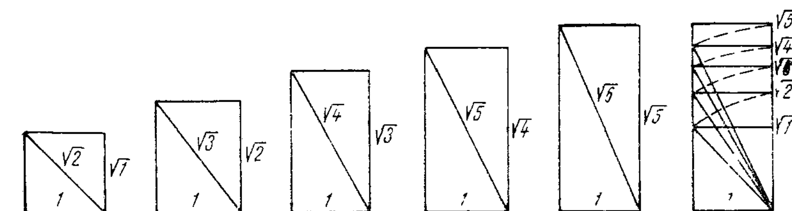


Fig. 4.1. Relații proporționale între dimensiunile pătratului sau dreptunghiului folosite în arhitectura antică.

4.2. COORDONAREA MODULARĂ. DEFINIŢII ŞI TERMINOLOGIE

Prin *coordonare modulară* se înţelege coordonarea dimensională după anumite reguli, pe baza unui modul. *Coordonarea dimensională* reprezintă metoda de stabilire a dimensiunilor şi poziţiilor reciproce ale fabricatelor, elementelor şi subansamblurilor de construcţie, astfel ca acestea să se integreze în construcţie ca un tot, cu minimum de ajustări şi să permită înlocuirea lor cu altele, de natură diferită, fără a fi necesară modificarea planurilor respective.

Sistemul modular unic este definit ca totalitatea regulilor de *coordonare reciprocă* între dimensiunile elementelor arhitectonice de volum şi de distribuţie interioară în plan ale clădirilor şi construcţiilor (o încăpere, un etaj, o secţie, casa scării etc.), precum şi între dimensiunile elementelor şi părţilor de construcţie (pereţi, planşee, acoperişuri, rampe de scări, goluri de uşi şi ferestre etc.), ale fabricatelor, utilajelor şi instalaţiilor, pe baza modulului de bază egal cu 100 mm, care reprezintă baza pentru tipizare şi standardizare în construcţii.

Modulul de bază M_0 reprezintă modulul a cărui valoare a fost aleasă convenţional în vederea realizării coordonării modulare. Valoarea modulului de bază trebuie să facă parte din sistemul metric, să fie aceeaşi pentru dimensiunile clădirilor în plan orizontal şi pe verticală, pentru lucrările subterane, de roşu şi de finisaj, trebuie să fie universală, adică să se poată folosi la stabilirea dimensiunilor clădirilor, părţilor şi elementelor de construcţii şi a tuturor materialelor, prefabricatelor, detaliilor, a gabaritelor şi instalaţiilor cu utilizare largă (generală) în construcţii (cărămizi, blocuri, fâşii prefabricate pentru planşee, panouri mari, elemente prefabricate, cazane de încălzire centrală, boilere etc.). Pentru modulul de bază, în majoritatea ţărilor s-a ales valoarea de 10 cm (sistem modular decimetric, 10 = 100/10) care a fost adoptat în ultimul timp de I.S.O. (Organizaţia Internaţională de Standardizare) şi de C.I.B. (Consiliul Internaţional al Clădirilor).

S-a folosit şi se mai foloseşte încă, în unele ţări, modulul de bază egal cu 12,5 cm (sistem modular octometric, 12,5 = 100/8).

În ţara noastră, s-a standardizat modulul de bază de 10 cm. Totuşi, se mai foloseşte şi modulul de bază de 12,5 cm în cazul elementelor de construcţie din cărămidă cu lungimea nominală de 25 cm.

Modulul M reprezintă o mărime convenţională, specifică pentru o anumită clădire sau parte din clădire, element, echipament (utilaje, instalaţii) sau prefabricate de construcţii, cu ajutorul căruia se realizează coordonarea modulară, se determină poziţiile dimensionale şi se stabileşte valoarea de creştere minimă a dimensiunilor (gradaţia între două dimensiuni învecinate). În funcţie de mărimea dimensiunilor la care se realizează modularea, *modulul* reprezintă un *multiplu al modulului de bază* (la travei, deschideri, lungimi şi lăţimi de construcţii, lungimi de grinzi, înălţimi de niveluri, dimensiunile panourilor mari etc.), poate fi *egal cu modulul de bază* (în cazul dimensiunilor mici sau în cazul în care creşterea dimensiunii se poate face pe baza modulului de bază, cum ar fi cazul încăperilor clădirilor de locuit executate din zidărie) sau *submultiplu al modulului de bază* (la dimensiuni foarte mici, de exemplu, în cazul detaliilor de construcţii).

Modulele mărite, multiplii ai modulului de bază, se pot exprima sub forma $M = nM_0$, unde n este un număr natural, iar M_0 =10 cm. Din şirul de module mărite s-au păstrat numai modulele legate de folosirea lor largă în practica construcţiilor civile ($n = 2$; 3 ; 6 ; 12 ; 15 ; 18 ; 30 ; 60). *Modulele fracţionate*, submultiplii ai modulului de bază, se pot exprima sub forma $M = M_0/n$ (M_0 = 10 cm, $n = 2$; 5 ; 10 ; 20 ; 50 ; 100).

Ca module derivate, multiple şi submultiple, recomandate în intervalul 0...30, cu un total de 130 dimensiuni, se pot menţiona : 60 M_0, 30M_0 şi 15 M_0 (19 dimensiuni) ; 12M_0 şi 6M_0 (27 dimensiuni) ; 3M_0, 2M_0 şi M_0 (42 dimensiuni) şi 1/2 M_0, 1/5M_0, 1/10M_0 (42 dimensiuni). Pe verticală se folosesc ca gradaţie modulară 3M_0 şi modulele mărite 12M_0...36M_0. Există un număr restrîns de dimensiuni preferenţiale, cu cea mai largă utilizare în practică, corespunzătoare celor mai frecvente şi raţionale mărimi din construcţii.

Totuşi, nu toate elementele de construcţie pot respecta întru totul coordonarea modulară, ca de exemplu, grosimile de pereţi şi planşee pentru care există indicaţii speciale.

4.3. DIMENSIUNI ÎN SISTEMUL MODULAR UNIC

Sistemul de referinţă modular este un sistem de plane perpendiculare care împarte volumul clădirii în cuburi a căror latură este egală sau multiplu al modulului (modulul adoptat pentru clădirea respectivă, fig. 4.2). Planele sistemului de referinţă modular se numesc *plane modulare* (de referinţă) şi constituie repere de distribuţie a materialelor, elementelor şi subansamblurilor de construcţie pentru a forma un tot constructiv. La intersecţia planurilor modulare se găsesc *limite modulare* (de referinţă), care formează *reţeaua modulară* şi servesc pentru coordonarea dimensiunilor elementelor arhitectonice de volum şi de distribuţie în plan cu dimensiunile sistemului constructiv al clădirii, ale elementelor de construcţie portante, despărţitoare şi de legătură pe verticală. Axele modulare coincid cu axele de trasare ale construcţiei.

Dimensiunea modulară este dimensiunea multiplu întreg al unui modul.

Dimensiunea nominală se referă la dimensiunea elementelor de construcţii, este egală cu dimensiunea modulară şi reprezintă dimensiunea teoretică din proiectul tehnic, între axele de trasare ale clădirii, care coincid cu axele din reţeaua modulară.

Dimensiunea modulată este dimensiunea unui element de construcţie sau material, care se asamblează cu altul, aleasă astfel încît prin alăturarea acestora într-un anumit fel şi ţinînd seama de dimensiunea rosturilor să rezulte o dimensiune modulară. Aceasta reprezintă *dimensiunea de execuţie* sau *de fabricaţie* (dimensiunea constructivă) la care se iau în considerare toleranţele admisibile prevăzute în normele de fabricaţie sau în proiectele tip.

În figurile 4.3 şi 4.4 se prezintă două exemple de cotare a dimensiunilor modulare (nominale) şi modulate (constructive) pentru zidăria de cărămidă, respectiv pentru un planşeu realizat din elemente prefabricate.

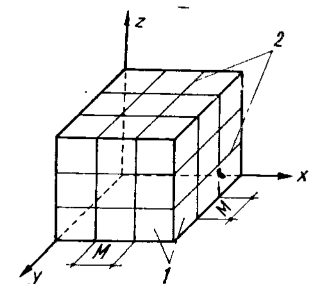


Fig. 4.2. Sistem de referinţă modular :
1 – plane modulare de referinţă ; 2 – axe modulare de referinţă ; M – modul.

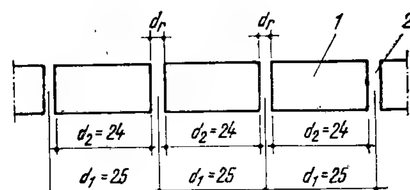


Fig. 4.3. Dimensiuni nominale (d_1) și de execuție (d_2) pentru zidăria de cărămidă: 1 – cărămidă; 2 – rost; d_r – dimensiunea rostului.

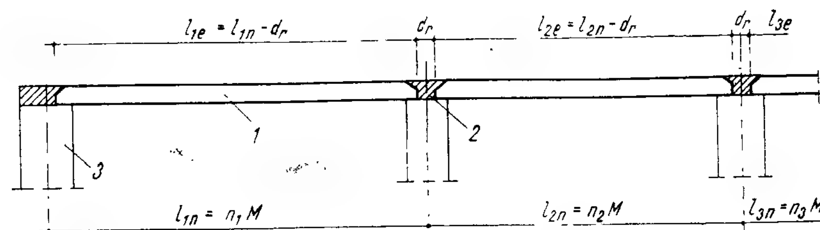


Fig. 4.4. Dimensiunile (lungimile) nominale (modulare) (l_{1n}, l_{2n}, l_{3n}) și de execuție (modulate) (l_{1e}, l_{2e}, l_{3e}) ale fișiilor prefabricate pentru planșee: 1 – fișie; 2 – rost de îmbinare (monolitizare); 3 – perete; M – modul; n_1, n_2, n_3 – numere naturale.

4.4. STABILIREA DIMENSIUNILOR CLĂDIRILOR ȘI ELEMENTELOR MODULATE. REGULI PENTRU AMPLASAREA AXELOR DE TRASARE ALE CLĂDIRILOR

4.4.1. REGULI GENERALE

Se recomandă ca toate dimensiunile construcțiilor sau părților de construcție, care se dimensionează reciproc, să fie modulate. Cînd nu este posibilă o coordonare reciprocă completă a dimensiunilor elementelor de construcție, a clădirilor și a produselor folosite de industrie, această necoordonare în dimensiuni se poate compensa în mod excepțional pe șantier, prin adaosuri sau ajustări, care pot fi executate, după nevoie, ca o completare a sortimentului de piese.

Ca o grupare simplificată a dimensiunilor modulate în construcții, se poate menționa:

— grupa I, *dimensiuni mari* pentru: travei, deschideri, lungimi, lățimi de construcție, distanțe între axele modulare de trasare etc., precum și dimensiunile mari ale unor elemente de construcții (lungimi de grinzi principale, rigle, arce, ferme etc.);

— grupa a II-a, *dimensiuni mijlocii* pentru: înălțimea nivelurilor clădirilor și a elementelor de construcții corespunzătoare (panouri de fațadă, fîșii pentru pereți despărțitori etc.), ale golurilor din pereți, ale spaleților (plinurile verticale dintre golurile prevăzute în pereți), ale cabinelor sanitare etc.;

— grupa a III-a, *dimensiuni mici* pentru: dimensiunile secțiunilor, elementelor și detaliilor de construcție (grosimi de pereți, de stîlpi etc.);

— grupa a IV-a, *dimensiuni foarte mici* pentru: grosimi de materiale și detalii de construcții (dale, plăci etc.).

Coordonarea modulară privește atît proiectarea arhitectonică a clădirilor, cît și proiectarea de construcție și de instalații. Prin proiectarea arhitecturală

se stabilesc, în funcție de specificul proceselor funcționale, dimensiunile elementelor de volum, de distribuție în plan și de legătură pe verticală, din asamblarea cărora rezultă secții de clădiri sau clădiri întregi, deci volumele și suprafețele, adică dimensiunile generale în plan și pe verticală ale clădirii. Totodată, se stabilesc înălțimile clădirii și elementelor sale (înălțimea totală, înălțimea etajului, înălțimea parapetului sub fereastră etc.), precum și dimensiunile golurilor.

Coordonarea dimensiunilor elementelor de arhitectură cu ale structurii de rezistență se face cu ajutorul ***axelor modulare de trasare***, care determină poziția principalelor elemente de construcție și în primul rînd a elementelor din structura de rezistență (pereți portanți, stîlpi etc.). Axele modulare de trasare împart planul clădirilor astfel ca elementele principale de plan să se înscrie în sistemul de referință modular. Axele modulare de trasare coincid cu liniile rețelei modulare. După trasarea axelor modulare, se trece la stabilirea dimensiunilor elementelor de construcții: portante și despărțitoare, orizontale și verticale, precizîndu-se lungimile și grosimile lor (pereți, stîlpi, planșee etc.).

4.4.2. STABILIREA DIMENSIUNILOR ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII

Cînd elementele de construcții sînt executate fără rosturi, dimensiunile nominale (modulare) coincid cu cele de execuție (de exemplu, un perete din beton monolit). La elementele de construcție executate cu rosturi (de țesere, de asamblare, de monolitizare etc.) dimensiunile de fabricație diferă de cele nominale prin rostul adăugat sau scăzut.

Pereții din zidărie se execută pe baza unui modul stabilit în funcție de mărimea pietrelor de zidărie (de obicei, egal cu modulul de bază 10 sau 12,5 cm).

Elementele cu dimensiuni mari se execută pe baza unor module mărite. Se caută reducerea maximă a tipurilor de produse standardizate (tipizate) și de utilaje prin folosirea de gradații modulare mărite ale elementelor și părților de construcții. Determinarea mărimii gradației trebuie să se facă prin coordonarea reciprocă a două condiții contradictorii:

— condiția impusă de producția industrială care cere un număr minim de produse tipizate, care conduce la gradații mari, adică diferențe mari între două dimensiuni nominale succesive;

— condiția cerută de arhitectură, care necesită un număr sporit de variante pentru clădiri, conducînd la reducerea gradației dimensiunilor.

Desigur că trebuie să se țină seama în plus și de destinația și capacitatea clădirilor, de sistemul constructiv, de materialele folosite etc.

4.4.3. REGULI DE AMPLASARE A AXELOR MODULARE DE TRASARE

Prin amplasarea axelor modulare de trasare se rezolvă problema coordonării dimensiunilor elementelor de arhitectură cu cele ale structurii de rezistență, determinîndu-se poziția principalelor elemente de construcții. Axele modulare se dispun astfel (fig. 4.5):

— pentru pereții portanți interiori, după axele geometrice;

— la pereții portanți exteriori, axa modulară se amplasează în raport cu fața interioară a peretelui la o distanță pM_0 sau M_0.

Regulile coordonării modulare (sistemului modular unic) sînt completate cu instrucțiuni detaliate pentru fiecare tip de clădire privind determinarea poziției elementelor de construcții în raport cu axele modulare de trasare, determinarea dimensiunilor etc.

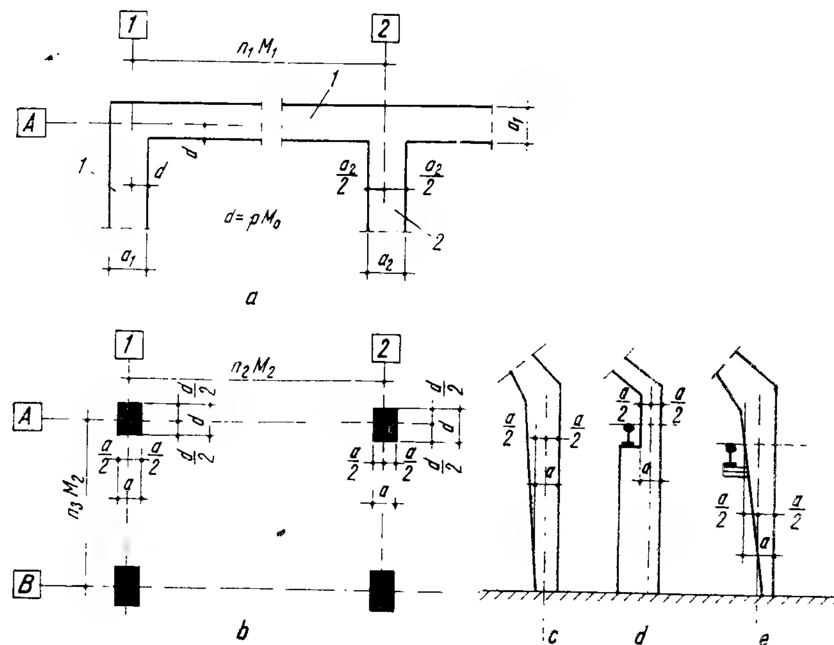


Fig. 4.5. Amplasarea axelor modulare de trasare:
a – clădire cu pereți portanți; b – clădire din cadre; c – hală fără pod rulant; d; e – hale cu pod rulant; M_1, M_2 – module; n_1, n_2, n_3, p – numere naturale; 1 – perete exterior; 2 – perete interior.

4.5. TOLERANȚE ÎN CONSTRUCȚII

4.5.1. DEFINIȚII

S-a arătat (pct. 4.3) că elementele de construcții, clădirile etc. sînt prevăzute în normele de fabricație și în proiecte cu dimensiunile lor de fabricație sau de execuție. Însă, din cauza condițiilor imperfecte de execuție și a altor factori, între dimensiunea reală, efectivă, care este dimensiunea practic realizată, a cărei valoare se obține prin măsurare și cea de fabricație există diferențe (abateri). Sînt două dimensiuni limită între care trebuie să se găsească dimensiunea efectivă: dimensiunea limită maximă D_M și dimensiunea limită minimă D_m. Dacă elementul are dimensiunea efectivă cuprinsă între valorile D_M și D_m, atunci acesta poate fi folosit.

Toleranța este imperfecțiunea admisă la fabricație sau execuție și reprezintă diferența dintre dimensiunea maximă și cea minimă sau diferența algebrică dintre abaterea limită superioară și abaterea limită inferioară (fig. 4.6) putîndu-se exprima cu relația:

$$T = D_M - D_m. \quad (4.1)$$

Toleranțele se referă, în principal, la caracteristicile geometrice ale construcțiilor, părților sau elementelor de construcții care pot fi: caracteristici dimensionale, de formă sau de poziții relative la amplasarea diferitelor părți ale unui element de construcție sau ale unei construcții.

Prin *clasa de precizie* se înțelege, într-un sistem standardizat de toleranțe, ansamblul de toleranțe considerate corespunzătoare aceluiași grad de precizie,

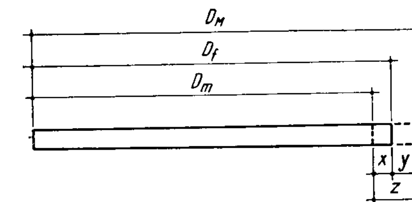


Fig. 4.6. Dimensiunile limită și toleranța:
x – abaterea limită inferioară; y – abaterea limită superioară; z – toleranța; D_M – dimensiunea limită maximă; D_m – dimensiunea limită minimă; D_f – dimensiunea de referință.

pentru toate dimensiunile de bază, care sînt considerate ca dimensiunile de referință la care se raportează dimensiunile limită, de exemplu, D_f în figura 4.6.

În cazul elementelor sau părților de construcții care se asamblează, se deosebește, de obicei, un element cuprinzător (cu dimensiunea D_1) și un element cuprins (cu dimensiunea D_2), ca de exemplu, golul de zidărie (element cuprinzător) pentru o fereastră (element cuprins). Pentru fiecare din cele două părți sau elemente asamblate există toleranțe, deci abateri maxime sau minime.

Spațiul rezultat după punerea în operă a două elemente dintre care cel puțin unul este mobil, se numește *joc* (de exemplu, jocul dintre fereastră și golul de zidărie, între cercevea și toc etc.), iar prin *rost* se înțelege spațiul rezultat după punerea în operă a două elemente fixe alăturate sau suprapuse.

Se deosebește jocul (rostul) maxim:

$$J_M = D_{1M} - D_{2m}, \quad (4.2)$$

și jocul minim:

$$J_m = D_{1m} - D_{2M}. \quad (4.3)$$

Toleranța jocului (rostului) este:

$$T_j = J_M - J_m. \quad (4.4)$$

4.5.2. APLICAREA TOLERANȚELOR ÎN CONSTRUCȚII

Toleranțele din construcții se referă atît la forma, dimensiunile sau elementele geometrice ale produselor folosite în construcții și ale construcțiilor, cît și la aspectul suprafețelor lor, mai ales a celor văzute.

Toleranțele privind aspectul, dimensiunile și forma construcțiilor și a elementelor de construcții (planeitatea suprafețelor, liniaritatea, înclinarea și verticalitatea muchiilor, dimensiunile etc.) trebuie să asigure atît rezistența și stabilitatea structurii de rezistență, cît și aspectul estetic, plăcut al construcțiilor.

Problema toleranțelor în construcții a căpătat o importanță deosebită odată cu industrializarea construcțiilor, cu sporirea dimensiunilor prefabricatelor (elemente portante de zeci de metri, panouri mari, elemente spațiale etc.), cu reducerea grosimilor și cu mărirea dimensiunilor pe verticală și orizontală ale clădirilor. Asamblarea prefabricatelor de beton armat, care nu pot fi ajustate pe șantier, trebuie să se facă cît mai precis pentru a asigura rezistența și stabilitatea construcțiilor.

Stabilirea gradului de precizie în construcții (a toleranțelor), mai ales pentru structurile din prefabricate, este o problemă foarte importantă care a format obiectul a numeroase cercetări în țară și străinătate și a constituit tema unor manifestări științifice internaționale.

Pentru produsele standardizate: materiale de construcții (cărămizi, țigle etc.), instalații, elemente și prefabricate de construcții etc., toleranțele sînt

indicate în standardele respective sau în normele interne de fabricație. Toleranțele pentru elementele și părțile de construcții, pentru clădiri sau construcții întregi, ca și pentru axele lor de trasare sînt indicate în prescripțiile tehnice respective de execuție și recepție.

În cazul elementelor de construcții executate cu multe rosturi trebuie să se țină seama de cumularea posibilă a abaterilor, ceea ce poate conduce la abateri finale mari, dacă abaterile nu se corectează la anumite distanțe (cazul tipic al țeserii zidăriei de cărămidă, cu rosturi umplute cu mortar).

Asamblarea elementelor prefabricate care alcătuiesc structura de rezistență, se realizează cu ajutorul rostului de montaj de bază (rost de îmbinare sau rezemare, rost de montaj). În acest caz este necesară o precizie deosebit de mare, mai ales la piese și reazeme de dimensiuni reduse. În figura 4.7 se arată cum se reduce suprafața de rezemare în cazul unui rost maxim al îmbinării, ținînd seama și de înclinarea panoului vertical pentru perete. Pentru a asigura rezistența și stabilitatea structurii de rezistență, mărimea toleranțelor trebuie stabilită cu suficientă precizie nu numai pentru piesele prefabricate, ci și pentru dimensiunile clădirilor și părților de clădiri și mai ales pentru rețeaua modulară a axelor scheletului de rezistență a clădirii, pentru a evita abateri mari. În acest scop, axele scheletului de rezistență a clădirilor din prefabricate se trasează la fiecare nivel pentru a asigura precizia necesară.

Precizia toleranțelor privind forma (unghiuri, colțuri, muchii drepte etc.) și aspectul (planeitate, formă etc.) trebuie să se facă ținînd seama atît de condițiile tehnice de execuție, cît și de condițiile economice și de posibilitățile de percepție ale omului (vederea, culorile etc.). Pentru a evita o precizie exagerată, în cazul părților și elementelor de construcții de dimensiuni mari, în practica construcțiilor se folosesc simple măsuri constructive, care permit obținerea unui aspect plăcut al clădirilor în condițiile unei precizii practice și economice (zidării de fațadă, placaje exterioare, faianță, mascarea rosturilor între panouri sau tronsoane de clădiri etc.).

În prezent, valorile toleranțelor sînt stabilite pe baza unui număr mare de măsurători, în urma unor studii statistice ținînd seama de condițiile tehnologice de fabricație, de condițiile tehnice de montaj și de condițiile economice, pentru a asigura atît siguranța, cît și eficiența construcțiilor. O precizie exagerată în execuție poate duce pe șantier la încetinirea ritmului de execuție, la un consum sporit de manoperă de calificare superioară și în final la scumpirea construcțiilor. Exemple privind modul de folosire a coordonării modulare și toleranțelor în construcții se găsesc în capitolele următoare ale cursului, în care se prezintă elementele de construcții și structurile de rezistență.

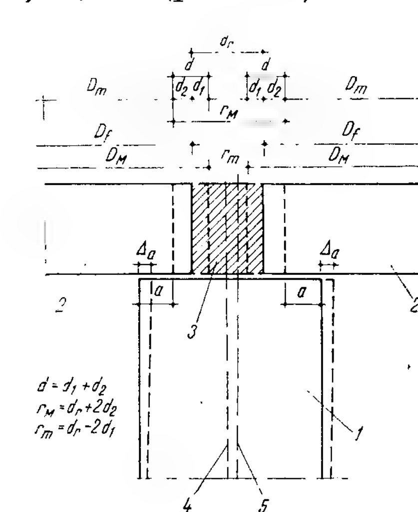


Fig. 4.7. Abateri la rezemarea unui panou prefabricat de planșeu pe panoul prefabricat al peretelui portant:

1 – panou de perete; *2* – panouri de planșeu; *3* – rost de montaj; *4* – axa verticală a panoului; *5* – axa înclinată a peretelui; D_m – dimensiunea limită minimă; D_M – dimensiunea limită maximă; D_f – dimensiunea de referință; d_1 – abaterea maximă pozitivă la panoul de planșeu; d_2 – abaterea maximă negativă la panoul de planșeu; d_r – mărimea nominală a rostului; d – toleranța panoului de planșeu; r_M – rostul maxim; r_m – rostul minim; a – adîncimea minimă de rezemare; Δ_a – mărimea reducerii sau majorării lățimii de rezemare datorită înclinării panoului de perete.

Partea a doua

FIZICA CONSTRUCȚIILOR

Capitolul 5

HIGROTERMICA CLĂDIRILOR

5.1. CONSIDERAȚII GENERALE

5.1.1. CERINȚELE FIZIOLOGICE ALE OMULUI ȘI CONFORTUL TERMIC AL CLĂDIRILOR

Prin destinația lor, clădirile de locuit și social-culturale trebuie să satisfacă cerințele de viață ale omului și în special protecția contra agenților climatici: vînt, ploaie, zăpadă, radiație solară. Cele mai importante condiții fiziologice ale clădirilor sînt legate de dualismul zilnic al vieții omenești: catabolism — anabolism.

În perioada de activitate a omului are loc catabolismul, care se caracterizează prin consumarea rezervelor de energie, iar organismul omenesc acumulează substanțe vătămătoare care produc tulburări ce pot fi micșorate prin asigurarea corespunzătoare a mediului de lucru.

În perioada de repaus-odihnă are loc fenomenul de anabolism ce se caracterizează prin aceea că organismul elimină substanțele nefolositoare acumulînd energie potențială. Procesul de anabolism este influențat de catabolism și de condițiile de mediu care sînt determinate de caracteristicile higrotermice ale elementelor de construcție și de condițiile de climat interior și exterior.

Liese definește confortul, în general, ca fiind: „expresia armonică dintre om și mediul înconjurător, dintre om și clima înconjurătoare". Premisa biofizică a senzației de confort rezidă în realizarea ecuației de echilibru termic: ***suma căldurii produsă de corp și a căldurii introdusă din afară să fie egală cu suma căldurii cedate de corp și a căldurii consumate intern*** (conform principiului I al termodinamicii).

În graficul din figura 5.1 este prezentat criteriul de confort, după Bedford și Liese, avînd în vedere temperatura aerului interior θ_i, temperatura aerului exterior θ_e și temperatura suprafeței interioare a peretelui exterior θ_{si}. Valoarea medie admisibilă a temperaturii aerului interior poate fi cuprinsă, în funcție de tem-

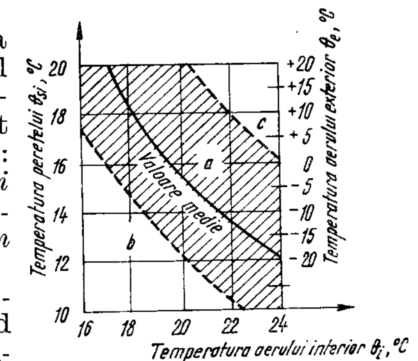


Fig. 5.1. Criteriul de confort după Bedford și Liese:

a – domeniul optim; *b* – domeniul prea rece; *c* – domeniul prea cald.

peratura aerului exterior și a temperaturii peretelui, între 17 și 24°C. În prescripțiile din țara noastră se recomandă, de exemplu, ca temperatura aerului interior, la clădirile civile să prezinte valorile limită $20 \pm (1,5...3,0)$°C. În cadrul lucrărilor celui de-al V-lea Congres C.I.B., Paris 1971, se recomandă pentru condiții de iarnă temperatura aerului 22°C și umiditatea 60%, iar pentru condiții de vară temperatura maximă 26,5°C și umiditatea aerului 35...70%. Luînd în considerare necesitatea reducerii consumului de energie și combustibil, s-a adoptat în țara noastră, ca și în alte țări, temperatura aerului de 20°C.

Diferența de temperatură a aerului, între cap și picioare, nu trebuie să depășească 2°C, temperatura optimă a pardoselii trebuie cuprinsă între 17,5 și 20°C, iar viteza maximă de mișcare a aerului să fie mai mică de 0,2 m/s.

5.1.2. CONCEPTUL DE CONFORT TERMIC

Noțiunea de confort termic prezintă două accepțiuni :

— subiectivă, după impresia de confort sau inconfort ;

— obiectivă, care are în vedere repercusiunile fiziologice asupra organismului uman (pulsațiile cardiace, temperatura rectală, consumul de oxigen etc.).

Aceste două criterii nu sînt totdeauna compatibile. Pentru a elabora aprecieri asupra confortului termic în construcții trebuie să se ia în considerare primul principiu al termodinamicii care se aplică fără dificultate și omului.

Prin nutriție, omul sustrage mediului ambiant energia potențială care se găsește acumulată în alimente sub formă chimică (grație vegetalelor care captează direct energia solară). Această energie este eliberată prin combustie și restituită mediului înconjurător, în principal, sub formă calorică și eventual sub formă de travaliu util. În schimbul termic cu mediul înconjurător, omul este o ființă homeotermă, adică are facultatea de a menține constantă temperatura internă pentru o gamă largă de condiții climatice. Pentru a crește sau a diminua pierderile de căldură, centrul termoregulator al corpului omenesc poate declanșa vasodilatarea sau vasoconstricția periferică, modificînd debitul sanguin în vase, ceea ce influențează schimbul termic cu mediul ambiant.

Dacă nu se ia în considerare evaporarea, se poate constata că schimburile de căldură între corpul omenesc și încăpere se pot calcula cu expresia :

$$\theta_R = \frac{\theta_i + \theta_{si}}{2}, \tag{5.1}$$

în care θ_R reprezintă temperatura rezultantă, în °C, noțiune introdusă de Missenard ;

θ_i — temperatura aerului interior, în °C ;

θ_{si} — temperatura suprafeței interioare a peretelui exterior, în °C.

Senzația de confort depinde deci de temperatura aerului interior și a suprafeței interioare a pereților exteriori, ceea ce implică măsuri constructive și de izolație termică corespunzătoare condițiilor optime de exploatare ale clădirilor.

5.2. TRANSFERUL DE CĂLDURĂ ȘI MASĂ. ECUAȚIA GENERALĂ DE TRANSFER

Cunoașterea caracteristicilor higrotermice ale elementelor de construcție și studiul termic și de umiditate al construcțiilor are la bază schimbul de căldură (prin conducție, convecție și radiație) și masă (prin difuziune) între elementele

de construcție, de temperaturi și umidități diferite, între clădiri și mediul înconjurător. Prin noțiunea de temperatură se apreciază starea de încălzire a aerului, a elementelor de construcție și a corpurilor în general, iar prin umiditate se exprimă conținutul în apă (sub diferite forme) al aerului, al materialelor și al elementelor de construcție. În orice mediu, temperatura într-un punct, la un moment dat τ, are o valoare unică și bine definită, fiind un parametru scalar de stare, depinzînd de timpul τ și putîndu-se exprima în formă implicită $\theta = f(x, y, z, \tau)$ sau vectorial $\theta = f(\bar{r}, \tau)$ în care, $\bar{r} = x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}$ reprezintă vectorul de poziție al punctului considerat.

Totalitatea punctelor de aceeași temperatură ale unui corp, la un moment dat, definește suprafața izotermă de temperatură θ. Dacă temperatura corpului, θ, nu variază cu timpul, $\theta(\tau) =$ constant, suprafețele izoterme prezintă în orice moment valori constante și caracterizează regimul staționar sau permanent de temperatură. În acest caz, fluxul termic este constant și cîmpul termic ce caracterizează valorile temperaturilor în corp este constant. În realitate, datorită variației de temperatură a mediului înconjurător și a intermitenței în funcționarea instalațiilor de încălzire și condiționare a aerului în încăperi, are loc și variația temperaturii elementelor de construcție. Luarea în considerare a variației în timp a temperaturii, caracterizează regimul termic nestaționar sau variabil.

Datorită diferențelor de temperatură dintre aer și elementele de construcții, ceea ce evidențiază existența potențialului termic, în construcții ca și în natură are loc transferul căldurii prin conducție, convecție și radiație [14], [38], [104].

Transferul căldurii prin conducție, propriu în special corpului solid, are loc prin pereți, terase, tîmplărie și constă în transmisia energiei cinetice a moleculelor materialelor ce vibrează în jurul poziției lor de echilibru.

Transferul termic prin convecție are loc, în special, la lichide și gaze și se datorește transportului de căldură prin mișcarea moleculelor fluidelor. Fenomenul intervine în construcții, între suprafețele elementelor de construcții la interior sau exterior și aerul sau mediul înconjurător.

Transferul energiei termice prin radiație are loc sub formă de unde electromagnetice, cu lungimile de undă $\lambda = 0,4...400$ μ. Fenomenul de radiație intervine la diferențe mari de temperatură între corpuri sau între corpuri și fluide, cum este cazul elementelor de încălzire prin radiație.

În problemele complexe ale transferului de masă se consideră elementele de construcții alcătuite dintr-un schelet solid capilaro-poros, capabil de a lega gaze și lichide sub diferite forme și energii. Apa poate acționa asupra construcțiilor sub formă de vapori, lichidă sau solidă (gheață) sau poate fi legată chimic. În scheletul solid al materialelor capilaro-poroase, migrația apei și aerului are loc prin difuzie (migrație moleculară), caracterizată prin deplasarea individuală a moleculelor de gaz (vapori de aer) și prin migrația molară ce se caracterizează prin deplasarea fluidelor sub formă de curent care filtrează prin spațiile libere dintre molecule, forțele rezistente fiind frecarea și gravitația.

Datorită diferenței de temperatură și umiditate dintre aerul interior și cel exterior, ce definesc gradienții de temperatură, umiditate și presiune, are loc transferul de căldură și masă (aer umed), între mediul interior și exterior clădirilor, în funcție de mărimea și direcția gradienților. Fenomenele privind transferul de masă în construcții pot fi analizate în regim staționar și nestaționar de umiditate. Studiul complex al acestor fenomene are în vedere variația simultană a potențialului termic și de umiditate [104].

Studiul acestor fenomene ireversibile se bazează pe teoria transferului de căldură și masă, fundamentată de legea conservării masei și transformării energiei și de principiile creșterii entropiei.

5.3. TRANSFERUL CĂLDURII ÎN CONSTRUCȚII

5.3.1. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUCȚIE. COEFICIENTUL DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ A MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE

Studiul problemelor de transfer al căldurii în construcții poate fi abordat în ipotezele regimului staționar sau nestaționar.

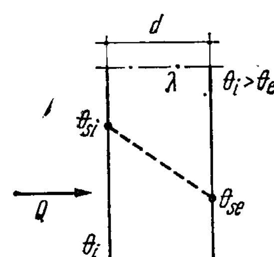


Fig. 5.2. Transmisia căldurii prin conducție la un element de construcție omogen.

Structurile clasice ale elementelor de construcție, omogene, ca și cele cu alcătuiri din straturi paralele după o singură direcție au la bază transferul de căldură după o unică direcție, perpendiculară pe suprafața acestora, caracterizînd-se deci prin flux unidirecțional.

La structuri de elemente de construcții omogene, în cazul transmisiei termice, prin conducție, în regim staționar (fig. 5.2), cantitatea totală de căldură transmisă, pe baza ecuației F o u r i e r, se poate estima cu relația :

$$\theta = \lambda \frac{S(\theta_{si} - \theta_{se})\tau}{d}, \qquad (5.2)$$

în care Q este cantitatea totală de căldură transmisă, în kcal sau J ;
λ — coeficientul de conductivitate termică a materialului în kcal/m h °C sau W/m °C sau W/m K (STAS 6 472/74) ;
S — suprafața elementului omogen de construcție, în m² ;
θ_{si}, θ_{se} — temperaturile suprafețelor interioară și respectiv exterioară ale elementului de construcție, în °C sau K ;
d — grosimea elementului de construcție, în m ;
τ — timpul, în ore.

Dacă în relația (5.2) se consideră $S = 1$ m², $\theta_{si} - \theta_{se} = 1$°C sau 1 K, $d = 1$ m și $\tau = 1$ h, se obține :

$$Q = \lambda[\text{kcal/m h °C}] \text{ sau } [\text{W/m°C}] \text{ sau } [\text{W/m K}] \qquad (5.3)$$

Pentru trecerea de la unități tradiționale la unități SI se pot folosi relațiile 1 J = $0{,}2389 \times 10^{-3}$ kcal ; 1 kcal = 4 186 J ; 1 W = 0,860 kcal/h ; 1 kcal/h = = 1,163 W.

Coeficientul de conductivitate termică λ, exprimat în kcal/m h °C sau W/m K, este o caracteristică termofizică de bază a materialelor de construcție și reprezintă cantitatea de căldură ce trece printr-un element de construcție avînd suprafața de 1 m², grosimea 1 m, în timp de 1 oră și pentru o diferență de temperatură a celor două suprafețe de 1°C sau 1 K.

Datorită porozității materialelor de construcție, transferul real de căldură are loc atît prin conducție cît și prin convecție, astfel încît valorile practice ale coeficientului de conductivitate termică caracterizează aspectul complex al transmisiei căldurii prin materiale poroase, exprimîndu-se prin noțiunea de coeficient echivalent de conductivitate termică, λ_{ech}. Valorile uzuale ale coeficientului λ_{ech}, pentru materialele de construcții cu procente variabile de pori, se prezintă între limitele : $\lambda_{ech} = 0{,}040\ldots3{,}500$ W/m K. Dintre materialele de bază în construcții se menționează : betonul armat $\rho = 2\,400\ldots2\,600$ kg/m³, $\lambda_{ech} = 1{,}62\ldots2{,}03$ W/m K ; zidărie de cărămidă, $\rho = 1\,150\ldots1\,800$ kg/m³, $\lambda_{ech} = 0{,}46\ldots0{,}80$ W/m K.

Materialele termoizolatoare, caracterizate prin valori mici ale coeficientului λ_{ech}, se clasifică astfel :

— *după rigiditate* : rigide (plăci, cărămizi) ; elastice (rogojini, plăci semirigide saltele, covoare) ; nerigide (fibroase, granulare, prăfoase) ;

— *după structură* : coezive (celulare, mixte, fibroase) ; necoezive (fibroase, granulare, prăfoase) ;

— *după natura materiei prime* : anorganice și organice ;

— *după capacitatea de izolare termică*, în funcție de densitatea specifică aparentă ρ, în kg/m³, se disting următoarele materiale : cu eficiență termică mare ($\rho < 100$ kg/m³), cu eficiență termică medie ($\rho = 100\ldots500$ kg/m³), cu eficiență termică redusă ($\rho = 500\ldots800$ kg/m³).

În R. S. România se fabrică la Berceni materiale izolante termic, cu eficiență superioară, sub formă de plăci din vată minerală de lățime 0,60 sau 1,20 m, grosimi $\delta = 1\ldots10$ cm, $\rho = 50\ldots120$ kg/m³, $\lambda_{ech} = 0{,}035\ldots0{,}071$ W/m K și fîșii din vată minerală de 3...5 m lungime, $\rho = 40\ldots120$ kg/m³ și $\lambda_{ech} = 0{,}035\ldots0{,}060$ W/m K.

Dintre materialele pe bază de polimeri se menționează polistirenul celular cu caracteristicile medii $\rho = 20$ kg/m³ și $\lambda = 0{,}04$ W/m K. Sub formă de betoane se fabrică și se utilizează la termoizolații betonul celular autoclavizat, sub formă de plăci, avînd $\rho = 600\ldots900$ kg/m³ și $\lambda = 0{,}21\ldots0{,}35$ W/m K și betonul de granulit, monolit sau prefabricat avînd $\rho = 600\ldots1\,200$ kg/m³ și $\lambda = 0{,}23\ldots0{,}46$ W/m K.

Valorile practice ale coeficientului de conductivitate termică depind de :

— *densitatea unitară aparentă* ρ și *porozitatea* p a materialului, și anume cresc cu densitatea și scad cu porozitatea, așa cum rezultă din graficele prezentate în figura 5.3 ;

— *structura fizică* în cazul materialelor coezive și *gradul de afînare* și *mărimea granulelor* la materialele pulverulente ;

— *umiditatea*, ce caracterizează conținutul în apă al materialelor. Creșterea conductivității termice în funcție de creșterea conținutului de apă se explică prin aceea că aerul din porii materialelor avînd $\lambda_{aer} = 0{,}023$ W/m K este înlocuit cu apă avînd $\lambda_a = 0{,}57$ W/m K, de 25 ori mai mare decît conductivitatea termică a aerului.

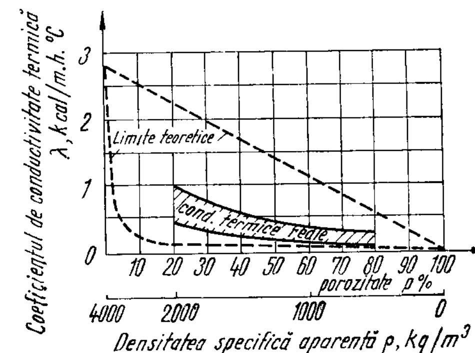


Fig. 5.3. Variația conductivității termice la materialele anorganice, în funcție de densitatea specifică aparentă ρ și de porozitatea p.

La calculul termic al elementelor de construcţie se ia în considerare coeficienr tul de conductivitate termică a materialelor în stare umedă, corespunzătoe umidităţii de echilibru ce se stabileşte în elementele de construcţie în condiţiilă de exploatare a clădirilor. Valoarea coeficientului de conductivitate termic în stare umedă, λ_u se obţine folosindu-se relaţia :

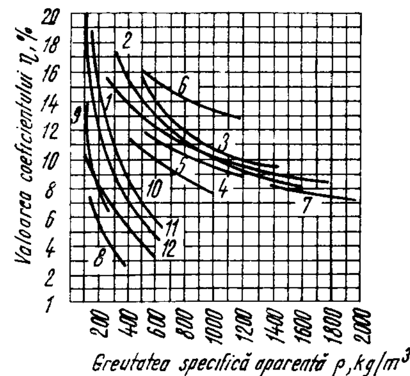


Fig. 5.4. Variaţia coeficientului de creştere a conductivităţii termice a materialelor de construcţie cu fiecare procent de umiditate, raportat la volum, după B. N. Kaufman:

1 — cărămidă plină; *2* — beton celular; *3* — materiale ceramice poroase; *4* — diatomit; *5* — zgură; *6* — granulit; *7* — betoane; *8* — materiale fibroase; *9* — rumeguş; *10* — fibrolit, stabilit; *11* — plăci de plută; *12* — plăci fibrolemnoase.

$$\lambda_u = \lambda_0 \left(1 + \frac{\eta \omega_v}{100}\right). \quad (5.4)$$

în care λ_u este coeficientul de conductivitate termică al materialului la umiditatea u %, în W/m K;

λ_0 — coeficientul de conductivitate termică al materialului în stare uscată, în W/m K;

η — coeficient de creştere a conductivităţii termice pentru o creştere a umidităţii volumetrice cu 1%, avînd pentru diferite materiale valorile prezentate în graficele din figura 5.4;

ω_v — umiditatea materialului în condiţii de exploatare, în %(raportată la volum).

Pentru principalele materiale de construcţie, creşterea conductivităţii termice, sub influenţa umidităţii normale de exploatare, prezintă valorile medii : 20% pentru cărămidă plină, 60% pentru beton celular, 110% pentru mortare la tencuieli interioare.

În cazul cînd umiditatea materialului este raportată la greutate ω_g, se are în vedere relaţia (5.5) dintre umiditatea volumetrică, ω_v şi densitatea unitară aparentă, ρ :

$$\omega_v = \frac{\omega_g \, \rho}{1\,000}. \quad (5.5)$$

Temperatura materialului conduce la creşterea conductivităţii termice, ce se poate exprima printr-o relaţie liniară, stabilită de C. E. Vlasov, sub forma :

$$\lambda_\theta = \lambda_o (1 + \beta \theta_m), \quad (5.6)$$

în care λ_θ este conductivitatea termică a materialului la temperatura 0°C' în W/m K;

β — coeficient de proporţionalitate ce exprimă creşterea conductivităţii termice pentru 1 K şi prezintă valoarea medie 0,0025 pentru materialele de construcţie;

θ_m — temperatura medie de exploatare a elementului de construcţie, în °C.

Dacă se cunosc valorile conductivităţii termice la temperaturile θ_1 şi θ_2, coeficientul mediu de conductivitate termică se poate calcula cu expresia :

$$\lambda_m = \frac{\lambda_{\theta_1} + \lambda_{\theta_2}}{2}. \quad (5.7)$$

În STAS 6 472-74 se prezintă valorile coeficientului de conductivitate termică pentru principalele materiale de construcţie, utilizate în condiţii de climat normal.

5.3.2. ECUAŢIA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ÎN REGIM STAŢIONAR LA STRUCTURI OMOGENE

Transmisia căldurii prin elementele de construcţie are loc iarna de la interior către exterior (fig. 5.5), deoarece $\theta_i > \theta_e$, θ_i şi θ_e fiind temperaturile aerului interior şi respectiv exterior, iar vara de la exterior spre interior, deoarece în general $\theta_e > \theta_i$, în timpul zilei [46]. Considerîndu-se într-un perete omogen, un strat de grosime infinitezimală dx, la care temperatura variază cu cantitatea dθ, în cazul regimului termic staţionar, densitatea fluxului de căldură q se exprimă pe baza relaţiei stabilite de Fourier:

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx}, \quad (5.8)$$

în care q este densitatea fluxului de căldură în kcal/m² h sau W/m²;

$\frac{d\theta}{dx}$ — gradientul de temperatură, în °C/m sau K/m.

În regim staţionar unidirecţional, q = constant, deci :

$$\frac{dq}{dx} = -\lambda \frac{d\theta^2}{dx^2} = 0. \quad (5.9)$$

În cazul fenomenului unidirecţional, exprimat prin ecuaţia (5.9), cîmpul termic este constant în planele paralele cu suprafaţa elementului de construcţie (fig. 5.6). Cunoaşterea cîmpului termic unidirecţional şi a variaţiei temperaturii în elementul de construcţie presupune integrarea ecuaţiei diferenţiale :

$$d\theta = -\frac{q}{\lambda} dx, \quad (5.10)$$

cu următoarele condiţii la limită :

$$x = 0, \quad \theta = \theta_{si}; \quad x = d, \quad \theta = \theta_{se} \quad (5.11)$$

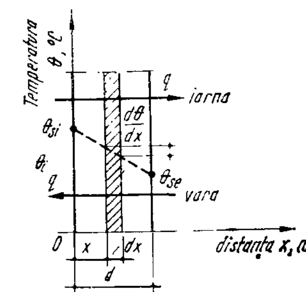


Fig. 5.5. Transmisia căldurii prin conducţie la un perete omogen.

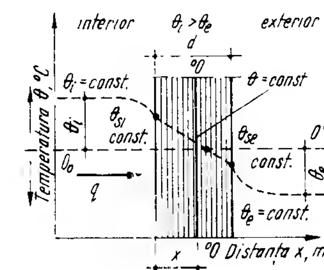


Fig. 5.6. Stabilirea cîmpului termic constant în planele paralele cu peretele.

Prin integrarea ecuației (5.10) se obține:

$$\theta = -\frac{q}{\lambda} x + C. \tag{5.12}$$

Punînd condițiile la limită rezultă:

$$C = \theta_{si} \text{ și } \theta_{se} = -\frac{q}{\lambda} d + \theta_{si};$$

de unde:

$$q = \frac{\lambda}{d}(\theta_{si} - \theta_{se}) = \frac{\lambda}{d}\Delta\theta_s. \tag{5.13}$$

Variația temperaturii în peretele omogen, considerînd sistemul de coordonate $xO\theta$ este liniară și este exprimată de relația:

$$\theta = \theta_{si} - \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} x = \theta_{si} - \frac{\Delta\theta_s}{d} x. \tag{5.14}$$

5.3.3. PERMEABILITATEA TERMICĂ ȘI REZISTENȚA LA PERMEABILITATEA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

La structuri de elemente omogene, considerînd relațiile (5.2) și (5.13), cantitatea de căldură, q transmisă este proporțională cu raportul $\Lambda = \frac{\lambda}{d}$, exprimat în kcal/m²h°C sau W/m² K, ce reprezintă o caracteristică termofizică a elementului de construcție, denumită *coeficient de permeabilitate termică*; se definește ca fiind cantitatea de căldură transmisă prin conducție, printr-o suprafață de 1m², a elementului de construcție, de grosime d, în m, pe durată de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două fețe ale elementului de 1°C sau 1 K.

Inversul coeficientului de permeabilitate termică exprimat prin:

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda} = R, \tag{5.15}$$

reprezintă *rezistența la transmisia căldurii prin conducție*, avînd dimensiunile m²h°C/kcal, °Cm²/W sau m²K/W.

Materialele izolatoare se caracterizează prin tasare sub acțiunea încărcărilor permanente și utile, care se reflectă prin micșorarea grosimii stratului termoizolant și deci implict printr-o creștere a densității aparente și a conductivității termice.

Influența tasării materialelor termoizolante se ia în considerare la stabilirea permeabilității termice reale a elementului de construcție, de grosime d, prin intermediul expresiei:

$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{b\lambda}, \tag{5.16}$$

în care b este coeficientul de calitate al materialului termoizolant, avînd valori cuprinse între 1,0 și 1,2, în funcție de natura materialelor și de caracteristicile constructive și funcționale ale elementelor de construcție.

5.4. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONVECȚIE

Propagarea căldurii prin convecție are loc ca fenomen general, la suprafețele de contact, între elementele de construcție și fluide (aer, apă).

Cantitatea totală de căldură primită, q_c sau cedată, q_c', de un perete (fig. 5.7) prin convecție, exprimată în kcal sau W, se determină pe baza legii lui N e w t o n:

$$q_c = \alpha_c S(\theta_i - \theta_{si})\tau, \text{ la primire}; \tag{5.17}$$

$$q_c' = \alpha_c' S(\theta_e - \theta_{se})\tau, \text{ la cedare}, \tag{5.18}$$

în care S este suprafața elementului de construcție, în m²;
α_c — coeficientul de transfer termic prin convecție la suprafața interioară, în kcal/m²h°C, W/°C m² sau W/m² K;
α_c' — coeficientul de transfer termic prin convecție la suprafața exterioară, în kcal/m²h°C, W/°C m² sau W/m²K;
$\theta_i - \theta_{si} = \Delta\theta_i$; $\theta_e - \theta_{se} = \Delta\theta_e$ — diferențele de temperatură la primirea și respectiv la cedarea căldurii, în °C sau K.

Dacă în relațiile (5.17) și (5.18) se consideră $S = 1$ m², diferențele de temperatură $\Delta\theta_i = \Delta\theta_e = 1$°C sau 1 K, $\tau = 1$ h, se obține:

$$q_c = \alpha_c \text{ [kcal/m}^2\text{h°C] sau [W/m}^2\text{K]};$$

$$q_c' = \alpha_c' \text{[kcal/m}^2\text{h°C] sau [W/m}^2\text{K]}. \tag{5.19}$$

Coeficienții de convecție α_c și α_c' se definesc ca fiind cantitățile de căldură, primită sau cedată într-o oră de 1 m² de suprafață de perete, cînd diferența de temperatură între fluid și suprafețele de construcție este de 1°C sau 1 K.

Valorile coeficienților α_c și α_c' depind de natura fluidului, de natura și aspectul suprafețelor de contact, de diferența de temperatură dintre elementul de construcție și mediul ambiant, de viteza fluidului (în cazul cînd este în mișcare), de viteza vîntului, în cazul aerului exterior și de sistemul de ventilație, în spații închise.

Pentru suprafața interioară a pereților exteriori, coeficientul de convecție interioară se poate calcula cu expresia lui N o o s s e l t:

— pentru $\theta_i - \theta_{si} < 5$°C, $\alpha_c = 3 + 0{,}08\,(\theta_i - \theta_{si})$; (5.20)

— pentru $\theta_i - \theta_{si} > 5$°C, $\alpha_c = 2{,}2\sqrt[4]{\theta_i - \theta_{si}}$. (5.21)

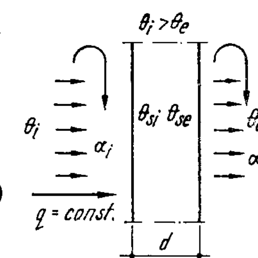


Fig. 5.7. Transmisia căldurii prin convecție la suprafața elementelor de construcție.

Pentru suprafața exterioară a pereților exteriori, mărimea coeficientului de convecție exterioară α_c' depinde de

viteza vîntului şi se poate calcula cu relaţia lui W i r t z :

$$\alpha_c' = 13\sqrt{v}\,[\text{kcal/m}^2\text{h°C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}], \tag{5.22}$$

în care v este viteza vîntului, în m/s.

În condiţiile obişnuite, $v = 1{,}5$ m/s la sate şi periferii de oraşe şi $v = 0{,}75$ m/s pentru centrul oraşelor.

5.5. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN RADIAŢIE

Schimbul de căldură în construcţii poate avea loc şi prin transmisia energie radiante a suprafeţelor elementelor de construcţie la interior şi exterior, a obiectelor şi corpurilor de încălzire ce se află in încăperi.

Cantitatea de căldură transmisă prin radiaţie variază proporţional cu temperatura absolută a corpului la puterea a patra, conform relaţiei lui S t e p h a n-B o l t z m a n n :

$$q_r = C_r\left[\frac{T}{100}\right]^4, \tag{5.23}$$

în care q_r este fluxul de căldură radiantă, în kcal/m²h;
C_r — coeficient de radiaţie în kcal/m²h K⁴ şi care reprezintă cantitatea de căldură radiată de 1 m² de material într-o oră, in vid, la o temperatură absolută a suprafeţei radiante egală cu 100°C;
T — temperatura suprafeţei, în K.

Cantitatea de căldură primită prin radiaţie de la aerul interior la suprafaţa interioară a peretelui exterior (fig. 5.8) sau respectiv transmisă de suprafaţa exterioară a peretelui exterior, este:

$$Q_r = C_r S\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] [\text{kcal/h}], \tag{5.24}$$

în care T_1 este temperatura absolută a aerului încăperii ($T_1 = \theta_i + 273$) sau a suprafeţei exterioare a peretelui exterior ($T_1 = \theta_{se} + 273$), în K;
T_2 — temperatura absolută a suprafeţei interioare a peretelui exterior ($T_2 = \theta_{si} + 273$) sau a aerului exterior, ($T_2 = \theta_e + 273$), în K.

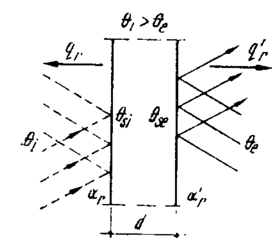


Fig. 5.8. Transmisia căldurii prin radiaţie la suprafaţa elementelor de construcţie.

În medie, pentru majoritatea materialelor de construcţie, se poate considera valoarea $C_r = 4{,}2$ kcal/m²h K⁴.

Raportînd expresia (5.24) la diferenţa de temperatură a aerului şi a suprafeţei interioare a peretelui exterior, se obţin expresiile coeficienţilor de radiaţie a căldurii:

— *la primirea căldurii* :

$$\alpha_r = \frac{C_r\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{\theta_i - \theta_{si}} [\text{kcal/m}^2\text{h°C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]; \tag{5.25}$$

— *la cedarea căldurii* :

$$\alpha_r' = \frac{C_r\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{\theta_{se} - \theta_e} [\text{kcal/m}^2\text{h°C}] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]. \tag{5.26}$$

5.6. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN RADIAŢIE ŞI CONVECŢIE. COEFICIENŢII DE TRANSFER TERMIC PRIN SUPRAFAŢA ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢIE

Căldura totală primită de suprafaţa interioară a peretelui exterior şi căldura cedată prin suprafaţa exterioară a peretelui este suma căldurii primită sau cedată prin convecţie şi radiaţie. Aceste fenomene sînt luate în considerare prin coeficientul de transfer termic la primirea căldurii, α_i şi prin coeficientul de transfer termic la cedarea căldurii, α_e, denumiţi coeficienţi de transfer termic prin suprafaţa interioară, respectiv exterioară :

$$\alpha_i = \alpha_c + \alpha_r \ [\text{kcal/m}^2\text{h°C}],\ [\text{W/°Cm}^2] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}];$$

$$\alpha_e = \alpha_c' + \alpha_r' \ [\text{kcal/m}^2\text{h°C}],\ [\text{W/°Cm}^2] \text{ sau } [\text{W/m}^2\text{K}]. \tag{5.27}$$

Inversul coeficienţilor α_i şi α_e definesc rezistenţa la primire, R_i şi respectiv la cedare a căldurii R_e, la transfer termic prin suprafaţă, exprimîndu-se astfel :

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \ [\text{m}^2\text{h°C/kcal}],\ [\text{°C m}^2\text{/W}] \text{ sau } [\text{m}^2\text{ k/W}];$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \ [\text{m}^2\text{h°C/kcal}],\ [\text{°C m}^2\text{/W}] \text{ sau } [\text{m}^2\text{ K/W}]. \tag{5.28}$$

Valorile coeficienţilor de transfer de căldură prin suprafeţele elementelor şi ale rezistenţelor la transfer de căldură sînt prezentate în **STAS 6 472-74.**

5.7. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN ELEMENTE DE CONSTRUCŢII ÎN STRATURI

5.7.1. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUCŢIE LA STRUCTURI ÎN MAI MULTE STRATURI PARALELE

În cazul unui element de construcţie plan, compus din mai multe straturi, perpendiculare pe fluxul termic, avînd grosimile d_1, d_2, d_3 (fig. 5.9) şi coeficienţii de conductivitate termică λ_1, λ_2, λ_3, transmisia căldurii prin conducţie în regim staţionar implică condiţia ca densitatea fluxului termic pentru fiecare strat

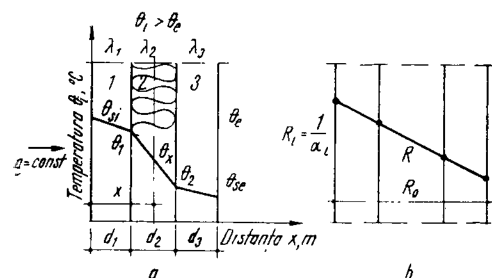


Fig. 5.9. Transmisia căldurii prin conducție la structuri în mai multe straturi paralele:
a — variația temperaturii la scară geometrică; *b* — variația temperaturii la scara rezistențelor termice.

să fie constantă [46], [104]:

$$q = \frac{b_1\lambda_1}{d_1}(\theta_{si} - \theta_1) = \frac{b_2\lambda_2}{d_2}(\theta_1 - \theta_2) = \frac{b_3\lambda_3}{d_3}(\theta_2 - \theta_{se}) = \text{constant}. \quad (5.29)$$

Din relațiile (5.29) se obțin diferențele de temperaturi dintre suprafețele straturilor 1, 2 și 3.

$$(\theta_{si} - \theta_1) = q\frac{d_1}{b_1\lambda_1}; \quad (\theta_1 - \theta_2) = q\frac{d_2}{b_2\lambda_2};$$

$$(\theta_2 - \theta_{se}) = q\frac{d_3}{b_3\lambda_3}. \quad (5.30)$$

Diferența totală de temperatură dintre suprafețele interioară și exterioară ale elementului compus este:

$$\theta_{si} - \theta_{se} = q\left(\frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \frac{d_3}{b_3\lambda_3}\right). \quad (5.31)$$

Densitatea fluxului termic, q, se poate exprima cu relația:

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \frac{d_3}{b_3\lambda_3}} = \frac{\Delta\theta_s}{R}. \quad (5.32)$$

Expresia fluxului termic prin conducție se poate scrie sub forma:

$$q = \Delta\theta_s K,$$

în care:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \frac{d_3}{b_3\lambda_3}} \quad (5.33)$$

K reprezintă coeficientul de transfer termic (transmisie termică) a căldurii prin conducție, la elemente în mai multe straturi, exprimat în W/m² K și se definește prin cantitatea de căldură ce trece printr-un metru pătrat de perete, în timp de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două fețe extreme de 1°C sau 1 K.

R reprezintă rezistența la transmisia căldurii prin conducție la structuri în mai multe straturi și se exprimă ca sumă a rezistențelor la trecerea căldurii prin suprafața de 1 m² a straturilor componente, avînd grosimile d_1, d_2, d_3, în timp de o oră și pentru o diferență totală de temperatură între suprafețele extreme de 1°C sau 1 K, conform relației:

$$R = \frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \frac{d_3}{b_3\lambda_3} = \sum_{k=1}^{3}\frac{d_k}{b_k\lambda_k}. \quad (5.34)$$

În cazul structurilor alcătuite din n straturi, se obține:

$$R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n = \frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \ldots + \frac{d_n}{b_n\lambda_n} = \sum_{k=1}^{n}\frac{d_k}{b_k\lambda_k}. \quad (5.35)$$

Valorile temperaturilor suprafețelor interioare corespunzătoare planurilor de separație ale straturilor componente se pot calcula cu expresiile:

$$\theta_1 = \theta_{si} - q\frac{d_1}{b_1\lambda_1} = \theta_{si} - q\,R_1 = \theta_{si} - \frac{R_1}{R}\Delta\theta;$$

$$\theta_2 = \theta_1 - q\frac{d_2}{b_2\lambda_2} = \theta_{si} - q\left(\frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2}\right) = \theta_{si} - q\,(R_1 + R_2) =$$

$$= \theta_{se} + q\frac{d_3}{b_3\lambda_3} = \theta_{se} + \Delta\theta\,\frac{R_3}{R}. \quad (5.36)$$

Într-un strat la distanța x de suprafața caldă, temperatura θ_x rezultă pe baza relației:

$$\theta_x = \theta_{si} - q\,R_x = \theta_{si} - \left(\frac{d_1}{b_1\lambda_1} + \frac{x - d_1}{b_2\lambda_2}\right)\frac{\Delta\theta}{R}, \quad (5.37)$$

în care R_x este rezistența termică la transmisia căldurii prin conducție pînă în secțiunea x.

Reprezentarea grafică a temperaturii în structura peretelui în mai multe straturi este o linie frîntă ($\theta_{si} - \theta_1 - \theta_2 - \theta_{se}$) la scară geometrică (fig. 5.9, *a*) sau o linie continuă, la scara rezistențelor termice (fig. 5.9, *b*).

5.7.2. REZISTENȚA TERMICĂ A STRATURILOR DE AER LA PEREȚI ȘI TERASE

Valoarea rezistenței termice a straturilor de aer, incluse în componența elementelor de construcție exterioare (pereți și terase) este în funcție de grosimea stratului (fig. 5. 10), poziția sa în elementul de construcție (orizontală sau verti-

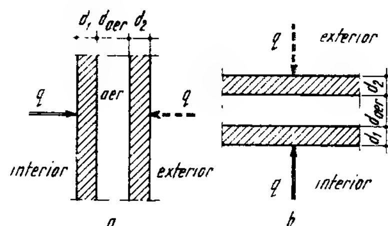


Fig. 5.10. Rezistența termică a aerului: a — în strat vertical; b — în strat orizontal.

80 lă), direcția fluxului termic, temperatura și umiditatea aerului și de capacitatea de absorbție termică a materialelor (a_1, a_2) ce delimitează stratul de aer, definită de expresia:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1. \qquad (5.38)$$

Considerînd elementele ce delimitează lamela de aer alcătuite din materiale masive, $a_1 = a_2 = 0{,}90$ și $a = 0{,}82$. Dacă una din suprafețe este metalică și alta masivă $a = 0{,}20$, dacă ambele suprafețe sînt metalice $a = 0{,}11$, iar la suprafețe de absorbție redusă $a = 0{,}05$.

Pentru grosimi ale stratului de aer, cuprinse între 10 și 150 mm, R_a variază între 0,14 și 0,18 m² K/W.

5.7.3. TRANSMISIA TERMICĂ GLOBALĂ A CĂLDURII PRIN CONDUCȚIE ȘI TRANSFER LA SUPRAFAȚĂ

În cazul unui element de construcție omogen care separă două medii de temperaturi diferite, cu temperaturile $\theta_i > \theta_e$, în regim termic staționar, are loc transfer de căldură din zona mai caldă spre mediul mai rece în următoarele faze (fig. 5.11):

— transmisia căldurii prin convecție și radiație (I) de la aerul din încăpere la fața interioară a peretelui exterior, pe baza relației:

$$q_I = \alpha_i (\theta_i - \theta_{si}); \qquad (5.39)$$

— transmisia căldurii prin conducție (II) de la suprafața mai caldă la suprafața mai rece a elementului de construcție conform expresiei:

$$q_{II} = \frac{b\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}); \qquad (5.40)$$

— transmisia căldurii prin convecție și radiație (III) de la suprafața exterioară a elementului de construcție la aerul exterior, pe baza relației:

$$q_{III} = \alpha_e(\theta_{se} - \theta_e). \qquad (5.41)$$

Condiția regimului termic staționar implică șirul de egalități ale expresiilor

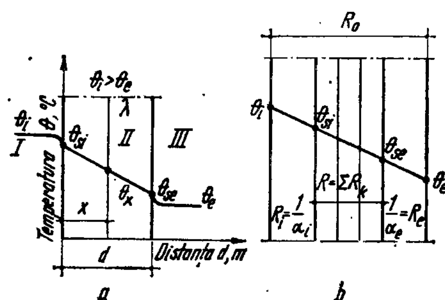


Fig. 5.11. Diagrama temperaturilor la transmisia termică globală a căldurii prin conducție și transfer la suprafață: a — variația temperaturii în cazul reprezentării geometrice a grosimii straturilor; b — variația temperaturii în cazul reprezentării straturilor la scara rezistențelor termice.

densității fluxului termic:

$$q_I = q_{II} = q_{III} = \alpha_i (\theta_i - \theta_{si}) = \frac{b\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}) = \alpha_e (\theta_{se} - \theta_e) = q. \qquad (5.42)$$

Diferențele parțiale de temperatură se pot calcula cu relațiile:

$$\theta_i - \theta_{si} = \frac{q}{\alpha_i}; \quad \theta_{si} - \theta_{se} = q\frac{b\lambda}{d}; \quad \theta_{se} - \theta_e = \frac{q}{\alpha_e}. \qquad (5.43)$$

Din expresiile (5.43) se obține diferența totală de temperatură dintre mediile I și III:

$$\theta_i - \theta_e = q\left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}\right), \qquad (5.44)$$

de unde:

$$q = \frac{\theta_i - \theta_e}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = (\theta_i - \theta_e) K_0 = \frac{\Delta\theta}{R_0}. \qquad (5.45)$$

5.7.4. COEFICIENTUL DE TRANSMISIE TERMICĂ ȘI REZISTENȚA TOTALĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ÎN STRATURI

Termenul:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}, \qquad (5.46)$$

exprimat în kcal/m²h°C, W/°Cm² sau W/m² K, reprezintă o caracteristică termică a elementului de construcție de grosime *d*, denumit *coeficient de transmisie termică totală* și reprezintă cantitatea de căldură ce trece, în regim staționar, printr-o suprafață de 1 m² pe durata de o oră și pentru o diferență de temperatură între cele două medii de 1°C sau 1 K.

Inversul acestui coeficient,

$$\frac{1}{K_0} = R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{b\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} = R_i + R + R_e, \qquad (5.47)$$

exprimat în m²h°C/Kcal, °C m²/W sau m² K/W, reprezintă rezistența la transmisia termică totală a căldurii, adică rezistența pe care o opune la trecerea căldurii un element de construcție de 1 m² suprafață, grosime *d*, pe durata de o oră și pentru o diferență de temperatură a celor două medii de 1°C sau 1 K.

În cazul unui element de construcție alcătuit din n straturi, coeficientul de transmisie termică totală și respectiv rezistența la transmisia termică totală se exprimă astfel:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{n} \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}}, \tag{5.48}$$

$$R_0 = \frac{1}{K_0} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{n} \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}.$$

Calculul temperaturilor suprafețelor de separație ale elementelor de construcție compuse, se efectuează cu ajutorul relațiilor:

$$\theta_i - \theta_{si} = q \frac{1}{\alpha_i}; \quad \theta_{si} - \theta_{se} = q \frac{d}{b\lambda}; \quad \theta_{se} - \theta_e = q \frac{1}{\alpha_e};$$

$$\theta_{si} = \theta_i - q \frac{1}{\alpha_i} = \theta_i - \Delta\theta \frac{K_0}{\alpha_i} = \theta_i - \frac{R_i}{R_0} \Delta\theta, \tag{5.49}$$

$$\theta_{se} = \theta_{si} - q \frac{d}{b\lambda} = \theta_i - \frac{R_i}{R_0} \Delta\theta - R \frac{\Delta\theta}{R_0} = \theta_i - \left(\frac{R_i + R}{R_0}\right) \Delta\theta.$$

Temperatura în stratul x se poate calcula cu expresia:

$$\theta_x = \theta_i - \frac{R_x}{R_0} \Delta\theta = \theta_i - \frac{R_i + \frac{x}{\lambda}}{R_0} \Delta\theta. \tag{5.50}$$

La scara rezistențelor termice, variația temperaturii este o linie dreaptă (fig. 5.11, *b*)

5.8. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUCȚIE LA STRUCTURI ÎN STRATURI CU PUNȚI TERMICE ÎN REGIM STAȚIONAR. INTEGRAREA ECUAȚIEI CÎMPULUI TERMIC. CONDIȚII LA LIMITĂ

La pereți de zidărie cu stîlpi de beton armat, la panouri mari în trei straturi, la elemente de beton armat monolit în trei straturi, la colțuri și ramificații de pereți cu stîlpi de beton armat monolit, datorită neomogenității structurilor, transmisia căldurii prin conducție, după 2 și 3 direcții are loc pe baza ecuațiilor (5.51):

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y}\right) = 0;$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial \lambda}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial z}\right) = 0. \tag{5.51}$$

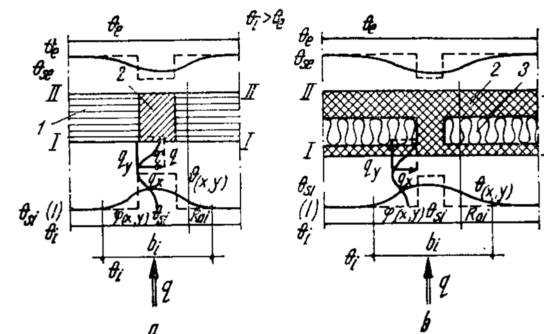


Fig. 5.12. Transmisia plană a căldurii prin conducție la structuri neomogene:

a – structură cu stîlpi de beton armat si zidărie de umplutură; *b* – perete din panouri mari prefabricate în trei straturi; *1* – zidărie de cărămidă; *2* – beton armat; *3* – izolație termică

Folosirea materialelor grele (betonul vibrat) și a materialelor ușoare termoizolante (vată sau pîslă minerală, beton celular, beton de granulit, polistiren celular), în structuri neomogene, face ca ipoteza clasică a transmisiei unidirecționale a căldurii, adoptată pentru structuri masive, omogene, să nu mai fie valabilă. La aceste structuri, transmisia termică are loc nu numai de la interior spre exterior, după direcția perpendiculară pe perete (fig. 5.12), dar și în planul peretelui, din zona cu coeficient mic de permeabilitate termică spre zona de permeabilitate termică mai mare. Fluxul termic total, q este alcătuit din fluxul termic după direcția x, q_x și după direcția y, q_y. Liniile de flux termic $\varphi(x, y)$ au o orientare oarecare în zona de influență a materialelor mai permeabile din punct de vedere termic, fiind perpendiculare pe liniile cîmpului termic.

Soluțiile particulare exacte sau aproximative ale ecuațiilor diferențiale, trebuie să verifice condiții la limită care se definesc astfel:

— *condiții la limită de speța I, Dirichlet* (fig. 5.13), care fixează distribuția funcției necunoscute pe conturul domeniului studiat și se exprimă cu relația:

$$\theta_s = f_I(x, y, z, \tau); \tag{5.52}$$

— *condiții la limită de speța a II-a, Neumann*, care fixează distribuția derivatelor funcției necunoscute pe conturul domeniului studiat și se exprimă astfel:

$$\left|\frac{\partial \theta}{\partial n}\right|_s = f_{II}(x, y, z, \tau), \tag{5.53}$$

în care:

$\frac{\partial \theta}{\partial n}$ este gradientul termic normal pe suprafața considerată;

— *condiții la limită de speța a III-a, Fourier*, care exprimă transferul termic la suprafața de contact a elementului de construcție cu fluidul înconjurător (aer, apă) aflat la temperatura θ_a:

$$\alpha_{i,e} = (\theta_s - \theta_a) = -\lambda \left|\frac{\partial \theta}{\partial n}\right|_s \tag{5.54}$$

— *condiții la limită de speța a IV-a*, ce intervin la probleme referitoare la domenii neomogene, de conducti-

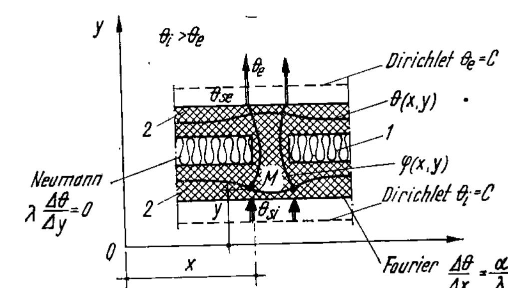


Fig. 5.13. Condiții de contur la un perete cu punte termică, cu transmisie pe două direcții; *1* – izolație termică; *2* – beton armat.

vităţi termice λ_1 şi λ_2, care în condiţiile egalităţii fluxurilor termice conduc la expresia:

$$\lambda_1 \left| \frac{\partial \theta_1}{\partial n} \right| = \lambda_2 \left| \frac{\partial \theta_2}{\partial n} \right|. \quad (5.55)$$

5.9. METODE PRACTICE PENTRU DETERMINAREA CARACTERISTICILOR TERMICE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢII. METODA CÎMPURILOR

5.9.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Cunoaşterea cîmpului termic, respectiv cunoaşterea temperaturii în zona de transmisie plană ce caracterizează lăţimea de influenţă b_i a elementelor de permeabilitate termică mare, cu punţi termice, permite determinarea rezistenţei termice, respectiv a coeficientului de transmisie termică în secţiunea considerată.

Rezistenţa termică într-o secţiune *k-k* (fig. 5.14), din zona de influenţă b_i a punţii se poate calcula pe baza temperaturii $\theta_{si,k}$ sau $\theta_{se,k}$ a suprafeţei interioare sau exterioare a elementului de construcţie:

$$R_k = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si,k}} \frac{1}{\alpha_i} \text{ sau } R_k = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_e - \theta_{se,k}} \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.56)$$

În secţiunea *s-s*, situată la limita zonei de influenţă b_i a punţii termice, rezistenţa termică are valoarea maximă calculată cu expresia:

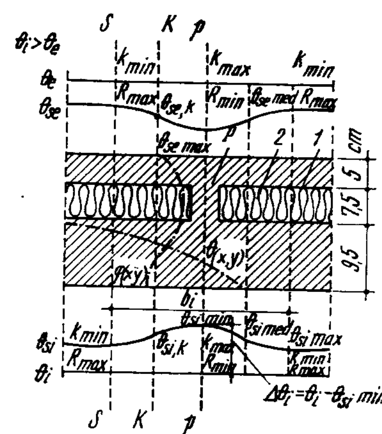


Fig. 5.14. Schema de calcul a coeficientului mediu la transfer termic: *1* – beton armat; *2* – izolaţie termică; *p* – punte termică.

$$R_{max_{s-s}} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2 \lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}. \quad (5.57)$$

În secţiunea *p-p*, corespunzătoare axului punţii termice, rezistenţa termică este minimă şi se poate calcula cu ajutorul uneia dintre expresiile:

$$R_{min_{p-p}} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si\ min}} \frac{1}{\alpha_i};$$

$$R_{min_{p-p}} = \frac{\theta_i \cdot \theta_e}{\theta_e - \theta_{se\ max}} \frac{1}{\alpha_e}, \quad (5.58)$$

în care $\theta_{si\ min}$ reprezintă temperatura minimă a suprafeţei interioare a elementului de construcţie.

Cunoscîndu-se valorile R_k, R_{max} şi R_{min} se pot calcula pierderile de căldură reale în zona punţilor pe baza transmisiei plane a căldurii.

Cunoaşterea cîmpului termic în cazul transmisiei plane implică rezolvarea ecuaţiei diferenţiale (5.59) în condiţii la limită, definite pentru cazuri practice:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial y}\right) = 0. \quad (5.59)$$

Soluţia analitică exactă este practic inaccesibilă şi de aceea rezolvarea problemelor termice de acest gen se bazează pe următoarele metode:

– calcule analitice aproximative;
– calcule cu diferenţe finite;
– analogii electrice;
– determinări şi măsurători în staţii de încercări;
– măsurători termice la clădiri în exploatare.

5.9.2. METODE APROXIMATIVE DE CALCUL

La elementele de construcţii alcătuite din mai multe straturi paralele cu fluxul termic *q* (fig. 5.15), rezistenţa termică paralelă R_{II}, la transmisia căldurii prin conducţie, se poate calcula conform STAS 6 472–74 şi [46] cu relaţia aproximativă:

$$R_{\|} = \frac{A_I + A_{II} + A_{III} + \cdots}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}} + \frac{A_{III}}{R_{III}} + \cdots}; \quad (5.60)$$

în care R_I, R_{II}, ..reprezintă rezistenţele termice ale straturilor de grosime *d*, în secţiunile I, II, ... paralele cu fluxul termic şi avînd conductivităţile λ_I, λ_{II},...;

A_I, A_{II},... – suprafeţele straturilor componente, considerate perpendicular pe direcţia fluxului termic.

Calculul rezistenţei termice pe baza acestei expresii poate conduce la valori supraevaluate, în acest caz recomandîndu-se estimarea rezistenţei termice pe baza coeficientului mediu de transmisie termică, definit de relaţia:

$$\lambda_{med} = \frac{\lambda_I A_I + \lambda_{II} A_{II} + \cdots}{A_I + A_{II} + \ldots}. \quad (5.61)$$

Rezistenţa termică perpendiculară, $R_\perp$ a elementului compus se poate calcula cu expresia valabilă la structuri omogene, după direcţia perpendiculară pe fluxul termic:

$$R_\perp = \frac{d}{\lambda_{med}}. \quad (5.62)$$

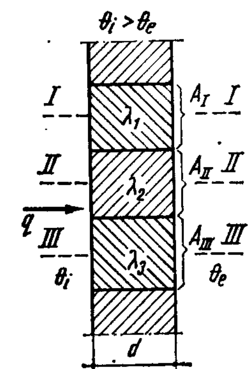


Fig. 5.15. Stabilirea rezistenţei termice prin metode aproximative la elemente realizate din straturi paralele cu fluxul termic.

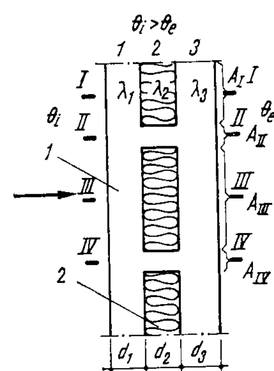


Fig. 5.16 Stabilirea rezistenţei termice prin metode aproximative la elemente neomogene pe două direcţii: *1* – strat de beton armat; *2* – izolaţie termică.

Dacă între $R_{\|}$ şi $R_{\perp}$ există o diferenţă de maxim 25%, se propune ca rezistenţa termică medie la transmisia prin conducţie, R, să se calculeze cu expresia:

$$R = \frac{R_{\|} + 2\,R_{\perp}}{3}. \qquad (5.63)$$

Rezistenţa termică totală rezultă:

$$R_0 = \frac{1}{K_0} = R_i + R + R_e. \qquad (5.64)$$

La structuri de elemente neomogene pe două direcţii, cu punţi termice (fig. 5.16), calculul rezistenţei termice la transmisia căldurii prin conducţie se poate obţine pe baza relaţiei aproximative (5.63), cunoscînd că $R_{\|}$ şi $R_{\perp}$ reprezintă rezistenţele termice la transmisia prin conducţie, în ipoteza alcătuirii din elemente orizontale de suprafaţă $A_I, A_{II}, A_{III}, \ldots$, pentru calculul rezistenţei $R_{\|}$ şi respectiv din straturile 1, 2, 3, perpendiculare pe direcţia fluxului termic şi avînd grosimile d_1, d_2, d_3, în cazul rezistenţei de calcul $R_{\perp}$. Relaţiile ce intervin se prezintă sub forma:

$$R = \frac{A_I + A_{II} + \cdots}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}} + \cdots}, \qquad (5.65)$$

în care:

$$R_I = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{b_2\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3};$$

$$R_{II} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{\lambda_1}; \quad \lambda_1 \cong \lambda_3;$$

$$R_{\perp} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_{med}} + \frac{d_3}{\lambda_3}; \qquad (5.66)$$

iar rezistenţa totală:

$$R_0 = R_i + \frac{R_{\|} + 2R_{\perp}}{3} + R_e. \qquad (5.67)$$

5.9.3. STABILIREA CÎMPULUI TERMIC PLAN CU AJUTORUL DIFERENŢELOR FINITE

Practic, pentru cazuri particulare ale ecuaţiei (5.59) se poate folosi metoda diferenţelor finite, care constă în înlocuirea derivatelor cu diferenţe ce definesc funcţia căutată prin valorile ei în diferite puncte. În acest scop, domeniul

cercetat se împarte într-o reţea şi fixînd punctele în nodurile reţelei (fig. 5.17), se obţine un sistem de n ecuaţii algebrice liniare, n fiind numărul nodurilor reţelei.

Ecuaţia cîmpului termic plan se poate pune sub forma:

$$\lambda \frac{\Delta_x^2\theta}{\Delta x^2} + \frac{\Delta_y^2\theta}{\Delta y^2} = 0; \qquad (5.68)$$

$$\Delta_x^2\theta = (\Delta_x\theta)_1 - (\Delta_x\theta)_2 = (\theta_{x+\Delta x,y} - \theta_{x,y}) - (\theta_{x,y} - \theta_{x+\Delta x,y}) = \theta_{x+\Delta x,y} - 2\theta_{x,y} + \theta_{x-\Delta x,y},$$

$$\Delta_y^2\theta = \theta_{x,y+\Delta y} - 2\theta_{x,y} + \theta_{x,y-\Delta y}. \qquad (5.69)$$

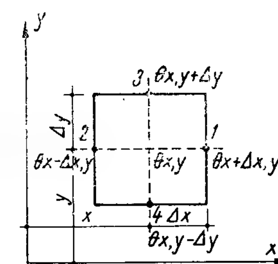


Fig. 5.17. Reţea de calcul prin diferenţe finite la probleme plane de transmisie termică în regim staţionar.

Ecuaţia *Laplace*, în diferenţe finite la structuri omogene, rezultă:

$$\frac{\theta_{x+\Delta x,y} - 2\theta_{x,y} + \theta_{x-\Delta x,y}}{\Delta x^2} + \frac{\theta_{x,y+\Delta y} - 2\theta_{x,y} + \theta_{x,y-\Delta y}}{\Delta y^2} = 0. \qquad (5.70)$$

Rezolvînd această ecuaţie în raport cu $\theta_{x,y}$ se obţine:

$$\theta_{x,y} = \frac{\Delta y^2(\theta_{x+\Delta x,y} + \theta_{x-\Delta x,y}) + \Delta x^2(\theta_{x,y+\Delta y} + \theta_{x,y-\Delta y})}{2(\Delta x^2 + \Delta y^2)} \qquad (5.71)$$

Condiţiile la limită în calculul prin diferenţe finite sînt următoarele:

— temperaturile aerului interior şi exterior sînt constante, condiţii Dirichlet, care se exprimă $\theta_{i,e} = C$;

— fluxul de căldură transmis prin convecţie la suprafaţa interioară şi exterioară a elementului de construcţie este egal cu fluxul de căldură transmis prin conducţie pe grosimea h a pasului reţelei, condiţia Fourier (fig. 5.18), adică:

$$\lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{h} = \alpha_i\,(\theta_i - \theta_{si})$$

şi

$$\lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{h} = \alpha_e\,(\theta_{se} - \theta_e);$$

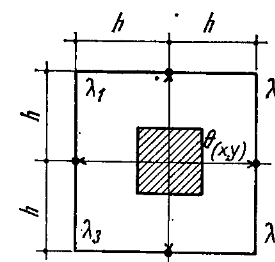


Fig. 5.18. Reţea de calcul prin diferenţe finite la structuri neomogene.

de unde:

$$\theta_{si} = \frac{\alpha_i\left(1 + \alpha_e \frac{h}{\lambda}\right)\theta_i + \alpha_e\theta_e}{\alpha_i\left(1 + \alpha_e \frac{h}{\lambda}\right) + \alpha_e};$$

$$\theta_{se} = \frac{\alpha_e\left(1 + \alpha_i \frac{h}{\lambda}\right)\theta_e + \alpha_i\theta_i}{\alpha_e\left(1 + \alpha_i \frac{h}{\lambda}\right) + \alpha_i}. \qquad (5.72)$$

Pe baza legii conservării energiei termice se scriu ecuaţiile cu diferenţe finite pentru fiecare nod al reţelei. Într-o primă aproximaţie se consideră temperaturile pentru cîteva secţiuni caracteristice, pe baza transmisiei unidirecţionale a căldurii şi prin interpolare se deduc temperaturile pentru celelalte ochiuri ale reţelei. Valorile exacte ale temperaturilor şi liniilor izoterme se obţin după o serie de aproximaţii succesive ale ecuaţiilor cu diferenţe finite, continuîndu-se operaţiile pînă la aproximaţia dorită.

5.9.4. METODA ANALOGIILOR ELECTRICE PENTRU DETERMINAREA CÎMPULUI TERMIC

Dificultăţile matematice privind soluţionarea ecuaţiilor diferenţiale care exprimă fenomenele termice, în tratarea lor ca probleme în anumite condiţii la limită, au condus la metode noi cu aplicaţii importante în fizica tehnică. Aceste metode, denumite analogice, pleacă de la constatarea că fenomene fizice diferite se exprimă matematic prin aceleaşi ecuaţii diferenţiale, integrale sau algebrice.

Cercetarea caracteristicilor termice ale elementelor de construcţie, pe baza analogiilor electrice, este folosită în Franţa, U.R.S.S., [11], [14], [46], [28] etc. În R. S. România, această metodă a fost abordată şi dezvoltată în cadrul Catedrei de Construcţii civile şi industriale de la Institutul Politehnic Iaşi [46].

În cazul fenomenului termic plan, în regim staţionar, ce intervine la structurile neomogene cu punţi termice, analogia dintre fenomenul termic şi electric rezultă

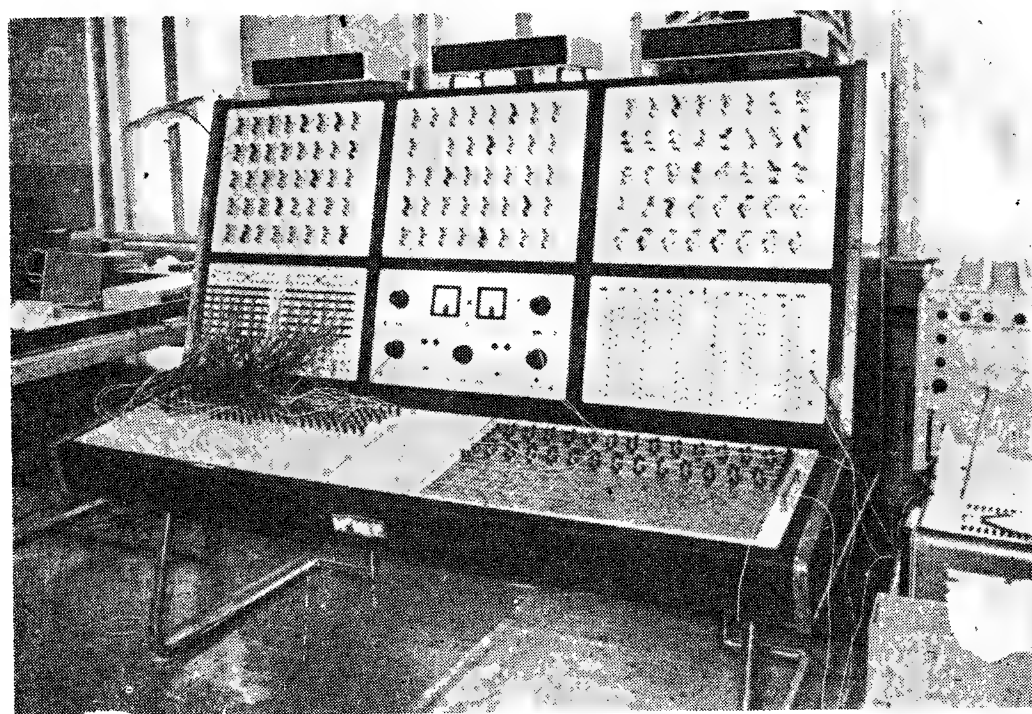


Fig. 5.19. Instalaţie de modelare electrică cu rezistenţe şi capacităţi, la Institutul Politehnic Iaşi.

din reprezentarea cîmpurilor termic şi electric, prin ecuaţii diferenţiale identice:

Fenomenul termic

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)=0, \qquad (5.73,\ a)$$

în care:
x, y sînt coordonate spaţiale;
θ — temperatura;
λ — conductivitatea termică;
$\frac{\partial\theta}{\partial x}$ — gradientul termic;
$q=\lambda\frac{\partial\theta}{\partial x}ds$ — fluxul termic;
$\theta=$ const — linia izotermă

Fenomenul electric

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(c_e\frac{\partial V}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(c_e\frac{\partial V}{\partial y}\right)=0, \qquad (5.73,\ b)$$

în care:
x, y sînt coordonate spaţiale;
V — potenţialul electric;
c_e — conductivitatea electrică;
$\frac{\partial V}{\partial x}$ — gradientul electric;
$q=c_e\frac{\partial V}{\partial x}ds$ fluxul electric;
$V=$ const. — linia echipotenţială.

Ecuaţiile (5.73, *a*, *b*) stau la baza modelelor analogice indirecte, realizate cu rezistenţe electrice, folosindu-se datele iniţiale obţinute prin împărţirea domeniului studiat în reţele finite.

Integrarea pe cale electrică a ecuaţiilor diferenţiale finite presupune, în cazul fenomenelor termice, respectarea condiţiilor la limită indicate. În figura 5.19 se prezintă vederea generală a instalaţiei analogice electrice cu rezistenţe variabile, construită în laboratorul de Clădiri civile de la Institutul Politehnic Iaşi [44] iar în figura 5.20, schema electrică a instalaţiei.

Valorile temperaturilor în nodurile reţelei modelate se pot calcula cu expresia:

$$\theta=\theta_e+\frac{V_i-V_e}{100}V, \qquad (5.74)$$

făcînd să corespundă la diferenţa totală de temperatură $\theta_i-\theta_e$, diferenţa de potenţial electric V_i-V_e.

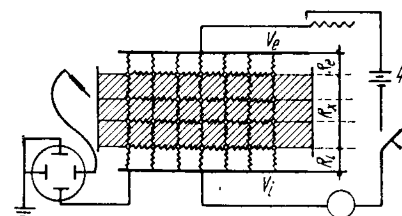


Fig. 5.20. Schema electrică a modelelor termice de calcul în reţea.

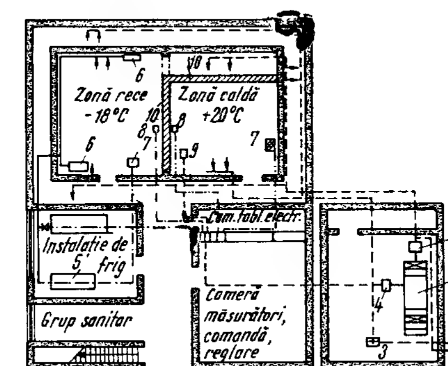


Fig. 5.21. Cameră de încercări higrotermice cu dublă atmosferă:

1 — agregat pentru condiţionarea aerului; 2; 3 — ventilator; *4* — pompă centrifugă; *5* — agregat frigorific; *6* — aerotermă aer rece; *7* — detector de temperatură; *8* — aerotermă aer cald; *9* — detector de umiditate; *10* — element care se încearcă.

Fig. 5.22. Încercarea higrotermică a zonei de intersecție dintre pereții exteriori și terasă.

5.9.5. ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI HIGROTERMICE ÎN STAȚII LA SCARĂ NATURALĂ

În vederea încercărilor și cercetărilor privind comportarea și caracteristicile higrotermice ale elementelor de construcție, la scară naturală, s-a realizat la Iași prin colaborarea Catedrei de Construcții civile și industriale cu Filiala INCERC, *Camera de încercări*. Stația de încercări higrotermice pentru construcții (fig. 5.21) are dimensiunile în plan 10 × 5 m și înălțimea 3,5 m, fiind formată din două zone, separate de elementul supus încercărilor. Zona caldă simulează condițiile de climat interior din încăperi și zona rece simulează condițiile de climat exterior de iarnă și vară, cu sau fără influența ploii, vîntului și radiației solare. Dimensiunile camerei de încercări permit cercetări de elemente plane, de pereți, colțuri, intersecții de pereți și terase (fig. 5.22), elemente de tîmplărie, îmbinări între pereți, ca și între acestia și tîmplărie.

5.10. TRANSMISIA CĂLDURII PRIN CONDUCȚIE ÎN REGIM NESTAȚIONAR

În regim nestaționar, densitatea q a fluxului de căldură din stratul dx considerat este variabilă și se determină luînd diferențiala lui q în raport cu x, ceea ce conduce la :

$$\frac{dq}{dx} = -\lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}. \tag{5.75}$$

Cantitatea de căldură dq, necesară pentru creșterea temperaturii stratului dx, cu dθ grade, în intervalul de timp dτ, este proporțională cu capacitatea de acumulare termică a stratului și cu variația temperaturii în timp, conform relației :

$$dq = -c_p \rho \, dx \frac{\partial \theta}{\partial \tau}. \tag{5.76}$$

Din relația (5.76) rezultă :

$$\frac{dq}{dx} = -c_p \rho \frac{\partial \theta}{\partial \tau}. \tag{5.77}$$

Variația fluxului de căldură se datorește acumulării termice în stratul respectiv, astfel încît luînd în considerare relațiile (5.76) și (5.77) se poate scrie :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c_p \rho} \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}, \tag{5.78}$$

în care a este coeficientul de difuzivitate termică, în m²/s.

În cazul fenomenelor termice plane caracterizate prin transmisia căldurii după două direcții, ecuația căldurii se prezintă astfel :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \tag{5.79}$$

La transmisia căldurii după trei direcții, în spațiu, ecuația privind variația temperaturii în timp, în regim nestaționar, se prezintă astfel :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) = a \nabla^2 \theta, \tag{5.80}$$

în care ∇^2 este operatorul Laplace.

Cunoașterea caracteristicilor termice ale elementelor de construcție, în regim nestaționar, presupune integrarea ecuațiilor (5.78), (5.79) și (5.80), în condiții la limită ce interesează practic.

5.10.1. CRITERII APROXIMATIVE PRIVIND CARACTERISTICILE TERMICE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ÎN REGIM NESTAȚIONAR

5.10.1.1. **Capacitatea de asimilare a căldurii la suprafața elementelor de construcție.** Reducerea masei pereților, adoptarea acoperișurilor terasă, folosirea materialelor grele și ușoare la elemente cu structuri mixte, influența radiației solare asupra suprafețelor exterioare ale elementelor de construcție fac actuală ipoteza regimului nestaționar, la studiul termic al elementelor de construcție. În acest caz, prezintă importanță proprietatea suprafețelor materialelor de a absorbi și ceda căldura, ca urmare a variațiilor periodice ale fluxului termic și ale temperaturii aerului.

Cercetări termice la construcții în exploatare justifică ipoteza variației sinusoidale a fluxului de căldură și a temperaturii suprafețelor elementelor (fig. 5.23), fenomen ce poate fi considerat variabil, cu perioada de o zi, o lună sau un an. Sub acțiunea variației fluxului de căldură q, de amplitudine A_q, are loc variația temperaturii θ a suprafeței elementului de construcție, cu amplitudinea A_θ ce depinde de caracteristicile termofizice ale materialelor din care sînt alcătuite elementele. Coeficientul de absorbție a căldurii S, exprimat în W/m² K, caracterizează asimilarea căldurii la suprafața materialelor și este definit de raportul :

$$S = \frac{A_q}{A_\theta} = \frac{q_{max} - q}{\theta_{max} - \theta} \tag{5.81}$$

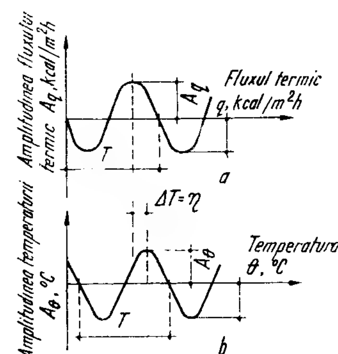


Fig. 5.23. Variații sinusoidale:
a – pentru fluxul termic; b – pentru temperatura elementelor de construcție.

Coeficientul de asimilare termică S depinde de conductivitatea termică a materialului λ, de căldura specifică c_p, densitatea specifică aparentă ρ și perioada T. Pentru $T = 24$ ore, expresia coeficientului de absorbție S, în W/m² K, se prezintă sub forma:

$$S_{24} = \sqrt{\frac{2\pi}{T}\lambda c_p \rho} = 0{,}59\sqrt{c_p \rho \lambda}. \qquad (5.82)$$

Valorile coeficientului de asimilare termică S_{24} sînt cuprinse între 0,29 W/m² K (la polistiren celular) și 140 W/m² K (la tablă de aluminiu) și reflectă caracteristicile materialelor termoizolante și a materialelor de mare permeabilitate termică.

5.10.1.2. **Indicele inerției termice.** Pentru aprecierea capacității de acumulare și cedare a căldurii de către elementele de construcție, s-a introdus noțiunea de indice de inerție termică D, ce caracterizează numărul undelor de temperatură ce pătrund în grosimea elementului de construcție, definit de expresia:

$$D = RS. \qquad (5.83)$$

La elementele de construcție în mai multe straturi, expresia indicelui de inerție termică devine:

$$D = \sum_{k=1}^{n} R_k S_k, \qquad (5.84)$$

în care R_k și S_k reprezintă rezistența și respectiv coeficientul de asimilare termică a unui strat curent k, al structurii compuse.

La elementele de construcție cu zone neomogene, indicele inerției termice se calculează cu relația:

$$D = \frac{A_I D_I + A_{II} D_{II} + \cdots}{A_I + A_{II} + \cdots}, \qquad (5.85)$$

în care: D_I, D_{II},... sînt indicii inerției termice a zonelor distincte, neomogene ale elementului de construcție;

A_I, A_{II},... — suprafețele respective, perpendiculare pe direcția fluxului termic, în m².

5.10.1.3. **Amortizarea oscilațiilor termice.** O exprimare mai cuprinzătoare a inerției termice este prezentată de A. M. Sklover [104] și Fr. Eichler [38]. După acești autori, raportul dintre amplitudinile oscilației termice a suprafețelor elementului de construcție (fig. 5.24), caracterizează capacitatea de acumulare și cedare a căldurii, în regim nestaționar și influențează variațiile de temperatură ale aerului interior.

Indicele care caracterizează temperatura aerului interior, sub influența oscilațiilor temperaturii aerului exterior depinde de capacitatea de amortizare termică și se exprimă cu ajutorul relației:

$$\nu = \frac{A_{\theta_{se}}}{A_{\theta_{si}}}, \qquad (5.86)$$

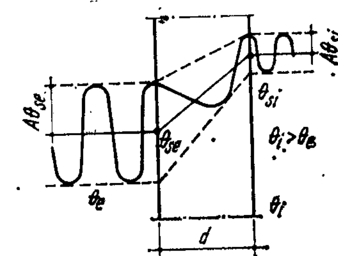


Fig. 5.24. Amortizarea oscilațiilor termice în elementele de construcție.

în care: ν este indicele amortizării termice;

$A_{\theta_{se}}$ — amplitudinea temperaturii suprafeței exterioare a elementului de construcție, în °C sau K;

$A_{\theta_{si}}$ — amplitudinea variației temperaturii suprafeței interioare a elementului de construcție, în °C sauK.

Acest indice poate fi luat în considerare atît pentru condiții de iarnă cît și pentru condiții de vară, în special la structuri din beton armat la care influența radiației solare este esențială asupra confortului din locuințe.

5.10.1.4. **Deplasarea de fază, defazajul oscilațiilor termice.** Un alt indice al inerției termice, care caracterizează acțiunea de răcire în timpul iernii și de încălzire în timpul verii, este deplasarea de fază sau întîrzierea de timp a oscilației termice, notată cu η și care reprezintă intervalul de timp de la începutul acțiunii termice exterioare (răcire sau încălzire) pînă cînd efectul termic se manifestă pe suprafața interioară a elementului de construcție și deci în interiorul încăperilor. Deplasarea de fază a oscilației termice depinde și de capacitatea de amortizare a elementului de construcție. În timpul verii, cînd intervine acțiunea însoririi, dacă amortizarea termică a elementului de construcție este corespunzătoare, unda termică poate fi reținută și căldura absorbită pînă cînd aerul exterior se răcește din nou. Pentru a se evita încălzirea încăperilor în condiții de vară, este necesar ca întîrzierea de fază să fie de cel puțin 8 ore. Acoperișurile terasă sînt supuse însoririi pe o perioadă mai mare de timp și implică asigurarea unui defazaj mai mare. Pereții orientați spre răsărit sînt supuși unei durate mai mici de însorire și implică o valoare mai mică a decalajului de fază pentru cerințele confortului de vară și o valoarea mai mare pentru cele ale confortului de iarnă.

5.10.2. CALCULUL TRANSMISIEI TERMICE PRIN CONDUCȚIE, ÎN REGIM NESTAȚIONAR, UTILIZÎND DIFERENȚE FINITE

Pentru rezolvarea ecuației privind propagarea căldurii, în regim nestaționar, se transpune ecuația (5.78) în forma corespunzătoare diferențelor finite:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta\tau} = \frac{\lambda}{c_p\rho}\,\frac{\Delta^2\theta}{\Delta x^2} \qquad (5.87)$$

Membrul 2 al egalității (5.87), cu ajutorul diferențelor finite, se poate pune sub forma:

$$\frac{\Delta^2\theta}{\Delta x^2} = \frac{\theta_{x+\Delta x,\tau} - 2\theta_{x,y} + \theta_{x-\Delta x,\tau}}{\Delta x^2}. \qquad (5.88)$$

Pentru rezolvarea ecuației (5.88), în cazul unui element omogen, împărțit în fîșii egale, de lățime Δx, se pot folosi metode iterative, scriind ecuațiile de b lanț termic și condițiile la limită.

În legătură cu rezolvarea problemelor practice, cu ajutorul diferențelor finite, a apărut necesitatea de a se clarifica condițiile în care se pot obține soluții cu aproximații satisfăcătoare și cu o convergență rapidă. Din literatura de specialitate rezultă condiția $0 < 1/M < 1/2$, în care $M = (\Delta x)^2/a\Delta\tau$, pentru a se obține o convergență rapidă. Pentru $M = 2$ se poate obține o sistematizare avantajoasă a calculelor, temperatura într-un punct exprimîndu-se ca medie aritmetică a temperaturii punctelor învecinate la momentul precedent.

Calculul numeric cu diferențe finite se conduce pînă la valori ale temperaturilor finale ce prezintă aproximații acceptabile.

5.11. UMIDITATEA CONSTRUCȚIILOR

5.11.1. SURSE DE UMIDITATE ÎN CONSTRUCȚII. ACȚIUNEA APEI ASUPRA MATERIALELOR ȘI ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Studiul umidității construcțiilor prezintă o importanță deosebită pentru asigurarea confortului și durabilității clădirilor. Apa sub diferite forme (vapori de apă, stare lichidă sau stare solidă în caz de îngheț) acționează permanent în timpul formării structurii materialelor, la executarea și exploatarea construcțiilor etc. [14], [28], [38], [46]. Din punctul de vedere al umidității, cerințele de igienă și confort ale climatului interior al construcțiilor sînt riguros condiționate de regimul termic, așa cum rezultă din figura 5.25.

În construcții intervine umiditatea aerului interior care influențează confortul și condițiile climatice generale și locale, ca și umiditatea materialelor elementelor de construcție datorită acțiunii vaporilor de apă din aerul umed sau direct a apei în stare lichidă, la interior și la exterior. Pentru majoritatea clădirilor, umiditatea relativă a aerului din încăperi trebuie să prezinte valori între 30 și 70%. Pentru clădiri civile și social-culturale, valorile optime ale umidității aerului sînt în funcție de temperatură, astfel : $\varphi_i = 55\%$ la temperatura aerului interior $\theta_i = 23°C$ și $\varphi_i = 65\%$ la $\theta_i = 20°C$.

Cunoașterea condițiilor de umiditate în exploatarea construcțiilor este necesară din punct de vedere termotehnic, sanitar-igienic și constructiv. Sub influența umidității, conductivitatea termică, căldura specifică și masa specifică a materialului cresc, iar izolarea termică a acestuia scade. Din punct de vedere sanitar-igienic, creșterea umidității creează condiții favorabile pentru instalarea unor afecțiuni cronice (reumatism) și permite dezvoltarea ciupercilor și mucegaiului. Din punct de vedere constructiv, variația umidității materialelor de construcție conduce la micșorarea rezistențelor mecanice, determină tensiuni din contracții și dilatări care influențează structura fizică a materialelor iar, sub influența înghețului și dezghețului, în zona exterioară a elementelor de construcție apar degradări și deformații care reduc considerabil durabilitatea construcțiilor.

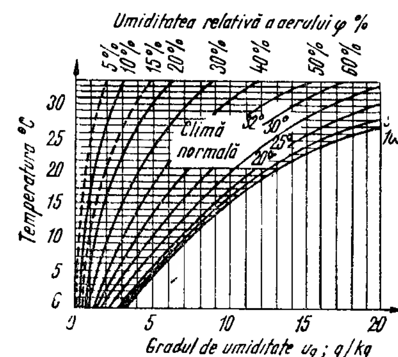


Fig. 5.25. Condiții higrotermice normale de confort pentru climatul interior.

5.11.2. FORMELE DE ACȚIUNE A APEI ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

Apa poate acționa asupra construcțiilor sub forme diferite, umiditatea aerului și a elementelor de construcție fiind rezultatul suprapunerii mai multor acțiuni (fig. 5.26) :

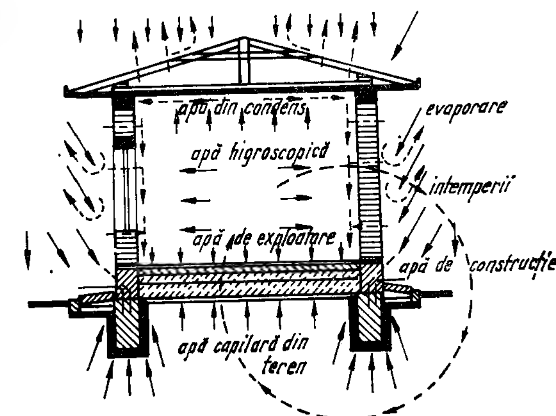


Fig. 5.26. Acțiunea complexă a apei asupra construcțiilor.

— *apa inițială de construcție*, care este introdusă prin procesul de execuție și care este în funcție de natura materialelor, de sistemul constructiv și de tehnologia de execuție ;

— *apa din teren*, care poate acționa direct asupra fundațiilor sau datorită ascensiunii capilare pînă la nivelul elementelor de construcție de la parter, corespunzător poziției hidroizolației soclului ;

— *apa meteorologică*, care influențează climatul exterior și acționează asupra construcțiilor, datorită intemperiilor, sub formă de ploaie și zăpadă (fig. 5.27) ;

— *apa de exploatare*, determinată de natura proceselor umede care intervin în legătură cu destinația unor încăperi (spălătorii, băi, bucătării) în clădirile de locuit și social-culturale și datorită unor procese tehnologice de producție ;

— *apa de natură biologică*, care intervine prin procesele de respirație și evaporare a vaporilor de apă de la suprafața pielii omului și viețuitoarelor. În raport cu activitatea pe care o depune, la temperatura de 20°C, omul poate produce vapori de apă în cantități de 50...60 g/h (în repaus) pînă la 1 300...6 800 g/h cînd efectuează munci fizice grele. Cantitatea maximă de vapori de apă ce se poate considera ca fiind degajată de om într-o încăpere este de 2 1/24 h ;

— *apa higroscopică*, ce se datorește acțiunii umidității aerului interior și exterior asupra construcțiilor, este în funcție de structura fizică a materialelor și procentul de umiditate a aerului. Sub acțiunea umidității higroscopice se stabilește umiditatea de echilibru a elementelor, ce caracterizează exploatarea construcțiilor ;

— *apa de condens* poate interveni la suprafața interioară, exterioară și în masa elementelor de construcție (pereți, terase), datorită condensării vaporilor de apă ce migrează prin elementele de construcție sub acțiunea gradientului de temperatură și de umiditate, atunci cînd temperatura coboară sub limita valorii de rouă, determinînd creșterea umidității elementelor, în unele cazuri peste limitele admisibile.

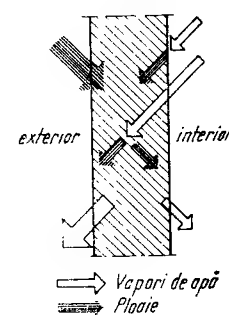


Fig. 5.27. Acțiunea apei sub formă de vapori și de ploaie asupra construcțiilor.

5.11.3. UMIDITATEA AERULUI

Aerul poate conține apă într-una sau mai multe faze : gazoasă (vapori), lichidă (picături) și uneori solidă (în stare cristalizată sau amorfă).

Aerul conține astfel, la un moment dat, o anumită cantitate de vapori de apă, care determină umiditatea sa.

Conținutul de vapori de apă din aer, exprimat în g/m³, definește umiditatea sa absolută, φ_a :

$$\varphi_a = \frac{m_v}{V}, \tag{5.89}$$

în care m_v este masa vaporilor de apă, în g, iar V — volumul aerului umed, în m³.

Conținutul maxim de vapori de apă ce poate fi absorbit de aerul cu temperatura θ definește umiditatea de saturație φ_s ($\varphi_s = \varphi_{max}$). Valorile φ_{max}, pentru aer, la temperaturile $\theta = -10..+40$°C, sînt cuprinse între 21,4 și 30,3 g/m³. Umiditatea aerului poate fi exprimată și prin raportul dintre conținutul real de vapori de apă și conținutul maxim pe care-l poate absorbi aerul la temperatura θ, ceea ce definește umiditatea sa relativă φ_r, în % :

$$\varphi_r = \frac{\varphi_a}{\varphi_s} 100. \tag{5.90}$$

Conținutul în vapori de apă influențează presiunea atmosferică. Presiunea parțială a vaporilor de apă caracterizează conținutul real în vapori de apă al aerului sau elasticitatea vaporilor de apă notată cu e și exprimată în mm col. Hg sau torr. Elasticitatea sau presiunea vaporilor de apă crește cu umiditatea absolută φ_a și cu temperatura θ a aerului, conform relației :

$$e = p_v = \frac{273 + \theta}{289} \varphi_a = \frac{T}{289} \varphi_a, \tag{5.91}$$

în care $T = 273 + \theta$ este temperatura absolută a aerului, exprimată în K.

În cazul cînd umiditatea absolută a aerului prezintă valoarea maximă $\varphi_{max} = \varphi_s$, în g/m³, se obține elasticitatea sau presiunea maximă a vaporilor de apă, notată cu E, în mm col. Hg sau torr, care depinde de temperatura aerului. Umiditatea relativă a aerului φ_r, în %, se poate exprima și în funcție de elasticitatea parțială și maximă (de saturație) a vaporilor de apă, conform expresiei :

$$\varphi_r = \frac{e}{E} 100. \tag{5.92}$$

La verificarea condensului în elementele de construcție interesează calculul elasticității parțiale e folosind relația (5.92), în funcție de umiditatea relativă a aerului, φ_r, în % :

$$e = \frac{E}{100} \varphi_r. \tag{5.93}$$

Valorile elasticităților parțiale ale vaporilor de apă pentru diferite umidități relative ale aerului, cuprinse între 45 și 100 % și pentru temperaturi între −20 și +20°C, variază între 0,35 și 17,53 torr.

Presiunea de saturație a vaporilor de apă poate fi exprimată și în N/m², avînd în vedere relația : 1 mm col. Hg (torr) = 133,3322 N/m².

Valorile presiunilor de saturație ale vaporilor, p_s, în N/m², pentru domeniul de temperaturi +30..−20°C sînt cuprinse între 4237 și 105 N/m².

Presiunile parțiale ale vaporilor de apă din aerul interior p_{v_i} și respectiv exterior, p_{ve}, în N/m², se calculează cu relațiile :

$$p_{vi} = \frac{p_s \varphi_i}{100} \; ; \; p_{ve} = \frac{p_s \varphi_e}{100}. \tag{5.94}$$

în care p_s este presiunea de saturație a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii θ_i a aerului interior și respectiv, θ_e a aerului exterior, iar φ_i, φ_e — umiditățile relative ale aerului interior și respectiv, exterior.

5.11.4. UMIDITATEA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII

Materialele și elementele de construcție pot reține apa în masa lor sub următoarele forme :

— *apă de construcție*, legată prin combinații chimice de moleculele materialelor ;

— *apă de structură* sau *hidratare*, care participă la cristalizarea unor materiale ;

— *apă higroscopică*, absorbită sau adsorbită de materiale sub formă capilară.

Apa poate fi prezentă în cavitățile materialelor și prin reținere mecanică, fără adeziune, datorită infiltrațiilor din ploi sau ca urmare a fenomenelor de condens la suprafața sau în masa elementelor de construcție. În condiții similare de temperatură și umiditate, materialele pot reține cantități diferite de apă. Materialele care pot lega apa prin absorbție, adică direct din faza gazoasă (aer) se numesc *higroscopice*. Umiditatea higroscopică este normală pentru elementele de construcție ; ea depinde de umiditatea aerului și nu influențează, în general, durabilitatea materialelor de rezistență din construcții. O sensibilitate mare prezintă materialele ușoare, termoizolante, care se pot degrada la umidități mari ale aerului. Valorile umidității higroscopice (de sorbție) a materialelor de construcție, care interesează practic, prezintă variații între 0,08 și 36,6 %, în funcție de temperatura și umiditatea relativă a aerului. În figura 5.28 se ilustrează în mod sugestiv formele de legătură mecanică a apei în elementele de construcție.

Umiditatea totală a unui material este alcătuită din umiditatea de sorbție (higroscopică) și umiditatea liberă, conform schemei din figura 5.29 [44]. Umiditatea liberă este determinată de contactul direct al materialului cu apa în stare lichidă sau din condensarea vaporilor. Umiditățile de echilibru care se

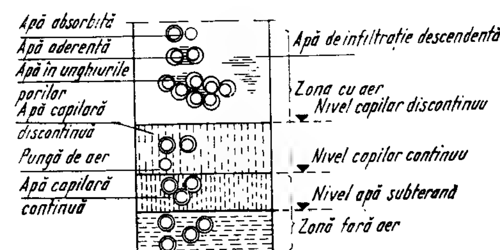


Fig. 5.28. Formele de legătură mecanică a apei în elementele de construcție.

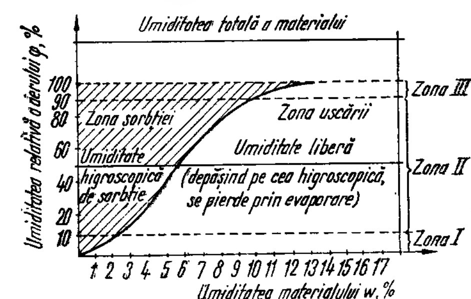


Fig. 5.29. Variația și starea umidității materialelor în procesul de umezire-uscare.

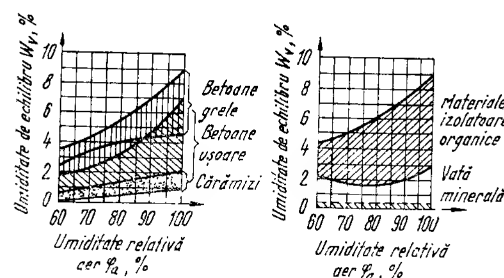


Fig. 5.30. Umidități de echilibru pentru diverse materiale de construcție.

stabilesc pentru diferite materiale (cărămizi, betoane ușoare, betoane grele, vată minerală și materiale izolatoare organice) sînt prezentate în graficele din figura 5.30 și nu depășesc 9%, raportat la volum, pentru umiditatea relativă a aerului de 100%.

Umiditatea unui material poate fi exprimată prin raportarea cantității de apă la masă sau volum. *Umiditatea gravimetrică*, raportată la masa materialului, se exprimă cu relația:

$$W_{ga} = \frac{m_u - m_o}{m_o} 100 = \frac{m_a}{m_0} 100, \qquad (5.95)$$

în care; W_{ga} este umiditatea gravimetrică absolută, în %;
m_u — masa materialului în stare umedă, în g;
m_o — masa materialului în stare uscată, în g;
m_a — masa apei, în g.

Umiditatea volumetrică W_v, în %, se exprimă cu relația:

$$W_v = \frac{V_a}{V_m} 100, \qquad (5.96)$$

în care V_a este volumul de apă din material, iar V_m — volumul materialului.

5.11.5. CARACTERISTICILE MATERIALELOR PRIVIND DIFUZIA VAPORILOR DE APĂ

Pentru caracterizarea materialelor de construcție sub aspectul permeabilității la vapori de apă se poate folosi noțiunea de rezistență la permeabilitatea la vapori, R_{v_k}, a unui element omogen de construcție, de grosime d_k, exprimată în m/s, conform relației:

$$R_{v_k} = d_k \frac{R_D T_{m_k}}{K_{D_k} D} = \frac{M_k}{K_{D_k}}, \qquad (5.97)$$

în care: d_k este grosimea elementului omogen de construcție, în m;
R_D — constanta caracteristică a gazului perfect pentru vapori de apă, în J/kg K;
T_{m_k} — temperatura absolută medie a elementului de construcție, în K;
$1/K_{D_k}$ — factorul rezistenței la permeabilitate la vapori a stratului de material considerat;

D este coeficientul de difuzie a vaporilor de apă în aer, exprimat în m²/s;
M_k — coeficient care variază în funcție de temperatura medie θ_m, a stratului de material.

Pentru caracterizarea materialelor de construcție sub aspectul permeabilității la vapori de apă se poate folosi și noțiunea de conductivitate la vapori δ, exprimată în kcal/m h torr, definită de expresia:

$$\delta = \frac{K_D D}{R_D T_m}. \qquad (5.98)$$

5.11.6. CONDENSAREA VAPORILOR DE APĂ ÎN CONSTRUCȚII

Procesul de trecere a apei din faza gazoasă în faza lichidă are loc prin condensare, atunci cînd prin coborîrea temperaturii aerului sau prin creșterea concentrației vaporilor de apă în aer se obține presiunea de saturație. Punctul de rouă τ_r, în °C, al aerului umed la temperatura θ și presiunea totală p a acestuia, caracterizat printr-un anumit raport de amestec între aer și vapori de apă (g vapori/ g aer), reprezintă temperatura la care trebuie răcit aerul, sub presiune constantă pentru ca să devină saturat.

Condensul pe suprafața elementelor de construcție depinde de gradul de ventilare a aerului din încăperi, de mișcarea aerului din exterior, de variația temperaturii și umidității aerului interior, de omogenitatea constructivă a

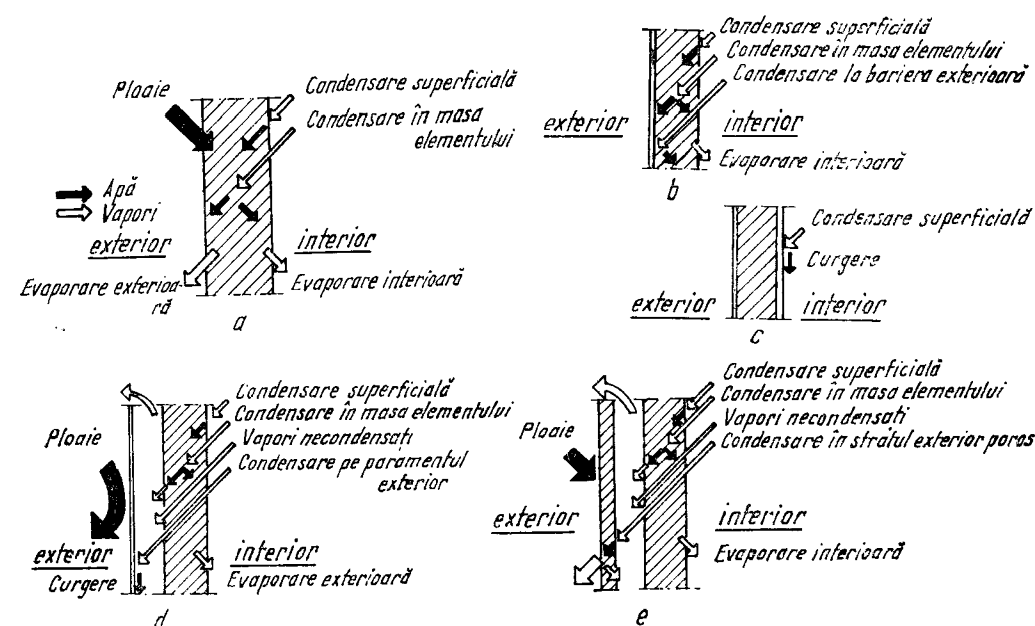


Fig. 5.31. Condensarea vaporilor de apă în masa elementelor de construcție:
a — la structuri omogene; *b* — la structuri cu bariere etanșe la exterior; *c* — la structuri cu bariere etanșe la interior; *d* — la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior etanș; *e* — la structuri cu strat de aer ventilat și cu strat exterior poros.

pereților și teraselor. La structuri neomogene, cu punți termice, condensul se poate produce în dreptul punților datorită temperaturii mai coborîte a elementelor de construcție în aceste zone. Formarea condensului pe suprafețele interioare ale elementului de construcție este influențată și de caracteristicile finisajelor.

Condensarea vaporilor în masa elementelor de construcție (pereți, terase), depinde de soluția constructivă (structură omogenă sau neomogenă), de etanșeitatea suprafeței interioare la acțiunea vaporilor de apă și etanșeitatea suprafeței exterioare la acțiunea directă a apei din intemperii (fig. 5.31). La structuri omogene, procesul de migrare a apei este permanent, ca urmare a condensărilor și evaporărilor în masa și la suprafața elementelor; barierele etanșe la exterior sau la interior favorizează formarea condensului în structurile respective. La umidități mari sînt indicate structuri cu straturi de aer ventilat care să asigure, prin comunicare cu aerul exterior, eliminarea vaporilor de apă din elementele de construcție.

5.11.7. CALCULUL LA UMIDITATE AL CONSTRUCȚIILOR

5.11.7.1. **Rezistența la permeabilitatea la vapori de apă a elementelor de construcție, în regim staționar.** Sub influența diferenței de presiune a vaporilor de apă din aerul interior, p_{vi}, față de elasticitatea vaporilor de apă din aerul exterior, p_{ve}, are loc fenomenul de difuzie a vaporilor de apă, în funcție de permeabilitatea la vapori a elementelor de construcție, de alcătuirea lor constructivă și de condițiile de climă.

În condițiile de regim staționar de umiditate (p_{vi} = const., p_{ve} = const.), difuzia vaporilor de apă în elementele de construcție omogene (fig. 5.32) este condiționată de rezistența la trecerea vaporilor la suprafața interioară, R_{vi}, rezistența la trecerea vaporilor prin elementul de construcție, R_v și rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața exterioară a elementului de construcție la aerul exterior, R_{ve}. Rezistența totală R_{ov}, la trecerea vaporilor de apă, în m/s, printr-un element de construcție este dată de relația:

$$R_{ov} = R_{vi} + R_v + R_{ve} = \frac{1}{\beta_i} + R_v + \frac{1}{\beta_e} = \frac{1}{K_{ov}}; \qquad (5.99)$$

în care: R_{vi} este rezistența la trecerea vaporilor de apă de la aerul interior la suprafața interioară a elementului de construcție exterior, în m/s, β_i fiind coeficientul de trecere a vaporilor de apă la suprafața interioară;

R_{ve} — rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața exterioară a elementului de construcție la aerul exterior, în m/s, β_e fiind coeficientul de trecere a vaporilor de apă la suprafața exterioară;

R_v — rezistența la trecerea vaporilor de apă de la suprafața interioară a elementului de construcție la suprafața exterioară, în m/s;

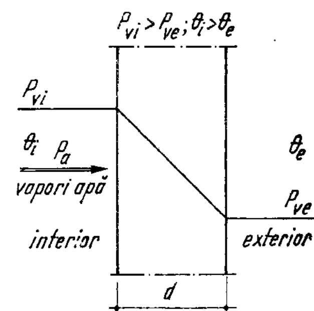


Fig. 5.32. Variația presiunii vaporilor de apă prin structuri omogene.

K_{ov} — coeficient de transfer al vaporilor de apă prin elementul de construcție, în s/m.

La elemente omogene, rezistența la permeabilitatea la vapori de apă, care este o caracteristică a elementului de construcție, se poate prezenta sub forma:

$$R_{ov} = R_{vi} + R_v + R_{ve} = R_{vi} + d\frac{1}{K_D}M + R_{ve} = \frac{1}{K_{ov}}. \qquad (5.100)$$

În STAS 6 472—74 sînt prezentate valorile $1/K_D$ și d/K_D, ale unor materiale sub formă de straturi subțiri, foi, în funcție de grosimea lor, folosite la alcătuirea pereților și teraselor. Deoarece $R_{vi} + R_{ve}$ reprezintă valori mici, practic se admite:

$$R_{ov} = R_v = d\frac{1}{K_D}M = \frac{1}{K_v}. \qquad (5.101)$$

La elemente de construcție alcătuite din mai multe straturi, neglijîndu-se rezistențele de suprafață, la trecerea vaporilor, rezistența totală la permeabilitatea la vapori se calculează cu expresia:

$$R_v = \frac{1}{K_v} \cong R_{v_1} + R_{v_2} + \dots + R_{v_n} = \sum d_k \frac{1}{K_{D_k}} \frac{R_D T_{mk}}{D} = \sum d_k \frac{1}{K_{D_k}} M_k. \qquad (5.102)$$

Presiunea parțială a vaporilor de apă, pe suprafața unui strat k, este dată de relația:

$$p_{ik} = p_{vi} - \frac{p_{vi} - p_{ve}}{R_v}\sum R_{v_k} = p_{vi} - \frac{\Delta p_v}{R_v}\sum R_{v_k}. \qquad (5.103)$$

Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă se poate face la scara grosimilor, în cm și se prezintă în acest caz ca o linie frîntă (fig. 5.33) sau la scara rezistențelor la permeabilitatea la vapori de apă, reprezentîndu-se ca o linie dreaptă (fig. 5.34).

Cantitatea de vapori de apă sau debitul specific de vapori de apă, p_a, în kg/m²h, care trece printr-un element de construcție în regim staționar, se poate calcula cu expresia:

$$p_a = 3\,600\,\frac{p_{vi} - p_{ve}}{R_v} = 3\,600\,\frac{\Delta p_v}{R_v}. \qquad (5.104)$$

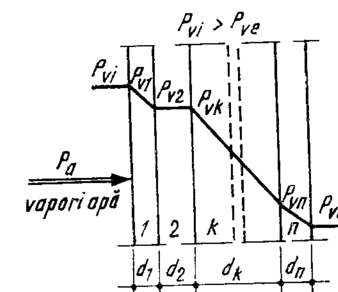


Fig. 5.33. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara grosimilor.

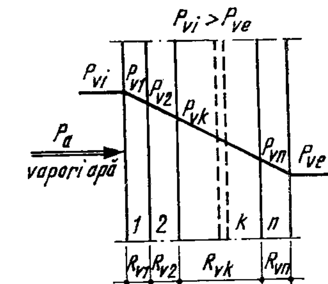


Fig. 5.34. Reprezentarea grafică a curbei presiunii vaporilor de apă, la scara rezistențelor la permeabilitate la vapori de apă.

5.11.7.2. **Calculul la condens pe suprafața interioară a elementelor de construcție.** Condiția de evitare a condensului se asigură dacă este verificată relația :

$$\theta_{si} > \tau_r. \tag{5.105}$$

În acest scop este necesar să se calculeze temperatura θ_{si} a suprafeței interioare a elementului de construcție exterior, cu ajutorul expresiei :

$$\theta_{si} = \theta_i - m \frac{R_i}{R_0} (\theta_i - \theta_e), \tag{5.106}$$

în care m este coeficientul de masivitate termică a elementului de construcție.

La pereți omogeni :

$$R_0 = R_i + R + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda b} + \frac{1}{\alpha_e}. \tag{5.107}$$

La pereți neomogeni :

$$R_0 = R_i + \sum R_k + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_k}{\lambda_k b_k} + \frac{1}{\alpha_e}. \tag{5.108}$$

Cunoscîndu-se temperatura aerului interior, θ_i și umiditatea relativă a aerului interior, φ_{ri}, se poate determina temperatura de rouă, τ_r, pentru care această umiditate saturează aerul și determină condensarea vaporilor de apă.

Valorile temperaturilor de rouă pentru diferite temperaturi și umidități relative ale aerului interior sînt prezentate în STAS 6 472–74.

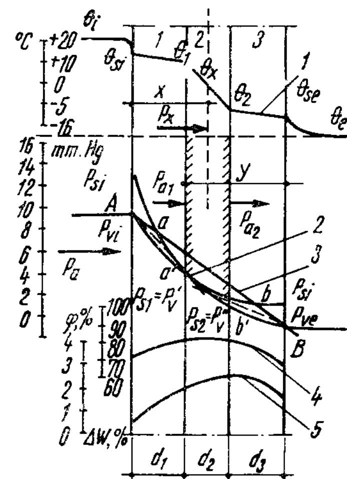


Fig. 5.35. Verificarea la condens a elementelor de construcție:

1 – curba temperaturilor θ; *2* – curba presiunilor de saturație p_{vsi}; 3 – curba presiunilor parțiale ale vaporilor p_v; *4* – curba umidității relative a aerului în structura peretelui φ; *5* – curba umidității de sorbție a elementelor de construcția ΔW.

Dacă inegalitatea (5.105) nu este satisfăcută, este necesar a se mări rezistența termică a elementului de construcție, R_0, intervenind asupra grosimii sau naturii stratului termoizolant.

5.11.7.3. **Calculul condensului în interiorul elementelor de construcție.** Calculul la condens, în regim staționar, presupune determinarea curbei temperaturilor, stabilirea curbei elasticităților (presiunilor parțiale) vaporilor de apă în elementul de construcție și a curbei presiunilor de saturație a vaporilor, de apă pentru condițiile : $\theta_i = \text{const.}$, $\theta_e = \text{const.}$, $\varphi_i = \text{const.}$, $\varphi_e = \text{const.}$

Pentru verificarea condensului în interiorul elementelor de construcție, se determină :

— *valorile temperaturilor* θ (fig. 5.35), cunoscînd că într-o secțiune la distanța x de la fața interioară a elementului de construcție, temperatura θ_x se poate calcula cu expresia :

$$\theta_x = \theta_i - m \frac{R_x}{R_0} (\theta_i - \theta_e), \tag{5.109}$$

în care R_x este rezistența termică la transmisia căldurii în secțiunea x, în m²k/W, calculată cu relația :

$$R_x = R_i + \frac{d_1}{b_1 \lambda_1} + \frac{x}{b_2 \lambda_2}; \tag{5.110}$$

— *valorile presiunilor de saturație*, p_{vs}, în N/m², ale vaporilor de apă corespunzătoare valorilor temperaturilor θ_i, θ_{si}, θ_1, θ_2, θ_{se}, θ_e în elementul de construcție ;

— *curba elasticității* (presiunilor parțiale), p_v ale vaporilor de apă plecînd de la elasticitatea p_{vi}, corespunzătoare umidității relative a aerului interior φ_{ri} și p_{ve}, corespunzătoare umidității relative a aerului exterior φ_{re}. Micșorarea elasticității vaporilor de apă, Δp_{vx}, în N/m², în elementul de construcție se calculează cu relația :

$$\Delta p_{vx} = \frac{R_{vi} + R_{vx}}{\sum_{k=1}^{n} R_{vk}} (p_{vi} - p_{ve}), \tag{5.111}$$

în care p_{vx} este căderea presiunilor parțiale ale vaporilor de apă pînă în stratul x, în N/m² ; $R_{vi} + R_{vx}$ — rezistența la permeabilitatea la vapori de apă pînă la stratul x, în m/s ;

— *valorile umidităților relative*, φ_r, ale aerului din elementele de construcție pe baza relației :

$$\varphi_r = \frac{p_v}{p_s} 100. \tag{5.112}$$

Pentru evitarea condensului este necesar ca în orice secțiune a elementului de construcție să fie îndeplinită inegalitatea :

$$p_{vx} < p_{vs}. \tag{5.113}$$

Verificarea condensului în masa elementului de construcție se poate face și pe cale grafică, construindu-se la o anumită scară curbele p_v și p_{vs}. În cazul cînd curbele p_v și p_{vs} se intersectează, rezultă că are loc fenomenul de condens. Delimitarea zonei de condens se realizează prin tangentele $p_{vi}\, p_{s1}$ (Aa) și $p_{ve}\, p_{s2}$ (Bb) la curba presiunilor de saturație care delimitează curba reală a presiunilor, avînd în vedere faptul că, în cazul condensului, zona a-b din curba $p_{vi} - p_{ve}$ nu mai are sens fizic. Condensarea vaporilor are loc în limitele $a'b'$ care corespund valorilor $p_v' = p_{s1}$ și $p_v'' = p_{s2}$, ce rezultă ducînd tangentele din A și B la curba presiunilor de saturație.

Cantitatea totală de vapori de apă m_w, în kg/m², ce se poate acumula în elementul de construcție în perioada de iarnă, se calculează, conform STAS 6 472-74, cu expresiile :

— *în cazul cînd zona de condens este redusă la o suprafață de condens* :

$$m_w = 3\,600 \left(\frac{p_{vi} - p_s}{R_v'} - \frac{p_s - p_{ve}}{R_v''} \right) N_w ; \tag{5.114}$$

— *în cazul cînd zona de condens are o grosime finită* :

$$m_w = 3\,600\left(\frac{p_{vi}-p_{s1}}{R'_v} - \frac{p_{s2}-p_{ve}}{R''_v}\right)N_w, \tag{5.115}$$

în care N_w este numărul de ore în care poate avea loc condensul, în h ;

R'_v, R''_v — rezistențele la permeabilitatea la vapori a părții elementului de construcție dintre suprafața interioară și suprafața de condens și respectiv dintre suprafața de condens și suprafața exterioară a elementului de construcție, în m/s ;

p_{s1}, p_{s2} — presiunile parțiale ale vaporilor de apă pe suprafața dinspre interior și respectiv, spre exterior a zonei de condens, în N/m².

Limitarea creșterii umidității elementelor și materialelor de construcție și determinarea gradului de umiditate a elementelor de construcție se bazează pe următoarele considerații :

— cantitatea de apă m_w, provenită din condensarea vaporilor în masa elementului de construcție în perioada rece a anului, trebuie să fie mai mică decît cantitatea de apă m_v, ce s-ar putea evapora în perioada caldă a anului, adică :

$$m_w - m_v < 0\,; \tag{5.116}$$

— creșterea umidității masice a elementului, Δw, la sfîrșitul perioadei de condensare, nu trebuie să depășească valorile maxime admisibile, Δw_{adm}, prezentate în STAS 6 472—74, deci :

$$\Delta W = \frac{m_W}{10\rho\, d_W} \leqslant \Delta W_{adm}, \tag{5.117}$$

în care ρ este densitatea aparentă a materialului care s-a umezit prin condensarea vaporilor, iar d_w — grosimea stratului în care se acumulează umiditatea, care, pentru structurile uzuale de pereți și terase, se ia conform datelor din figura 5.36.

Cantitatea de vapori de apă ce s-ar putea evapora în condiții de vară, se calculează cu una din relațiile :

— *în cazul cînd zona de condens este redusă la o suprafață de condens* :

$$m_v = 3\,600\left(\frac{p_{vi}-p_s}{R'_v} + \frac{p_s-p_{ve}}{R''_v}\right)N_v\,; \tag{5.118}$$

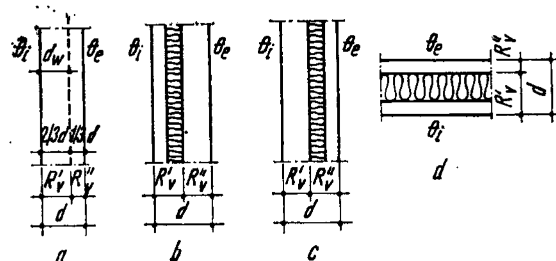


Fig. 5.36. Stabilirea grosimii d_w a stratului în care se acumulează vapori de apă :
a — perete omogen ; *b* — perete neomogen cu stratul de masă mare la exterior ; *c* — perete neomogen cu stratul de masă mare la interior ; *d* - acoperiș terasă.

— *în cazul cînd zona de condens are o grosime finită* :

$$m_v = 3\,600\left(\frac{p_{vi}-p_{s1}}{R'_v} + \frac{p_{s2}-p_{ve}}{R''_v}\right)N_v, \tag{5.119}$$

în care N_v este numărul de ore în care poate avea loc eliminarea apei de condens în condiții de vară.

5.12. SCHIMBUL DE AER ÎN CONSTRUCȚII

Permeabilitatea la aer a elementelor de construcție caracterizează schimbul de aer pe cale naturală între încăperile clădirilor și mediul ambiant și interesează la aprecierea capacității de ventilare cerută de asigurarea condițiilor de confort și de tehnologie. Un om adult consumă în condiții normale de temperatură 20 ... 25 litri de oxigen pe oră, atunci cînd efectuează un lucru mecanic mijlociu (5 000 daN m/h) [46], [104].

Ținînd seama de cerințele igienice pentru clădirile civile și social-culturale și de cerințele tehnologice în încăperile de producție, este necesar ca aerul interior să-și păstreze compoziția sa în limitele admisibile. Aerul natural inspirat de om se compune din oxigen 20,9 %, azot și argon 78,77 %, acid carbonic 0,35 % și o cantitate variabilă de vapori de apă. Aerul expirat conține 4,4 % acid carbonic, 15,4 % oxigen, 78,11 % azot și argon și este saturat cu vapori de apă.

Pentru asigurarea condițiilor de viață este indicat ca oxigenul din aer să nu coboare sub 17 %. La procentul de 11 % oxigen în aer, omul rezistă o durată limitată. Limita maximă privind cantitatea de bioxid de carbon pe care o poate conține aerul dintr-o încăpere pentru a permite viața omului, pe durată limitată, este de 4 %, iar la durată mai mare, limită maximă este de 1...2 %. La un confort superior, conținutul aerului în bioxid de carbon trebuie să fie sub 0,003 %.

Pentru asigurarea condițiilor normale în încăperi, în ceea ce privește compoziția aerului, este necesar ca ventilarea pe cale naturală să asigure următoarele schimburi pe oră ale volumului de aer din încăperi, în funcție de destinația acestora :

— bucătărie (2...3) V/h ;
— baie, duș (2...3) V/h ;
— grup sanitar în locuințe 25 m³/scaun ;
— cameră de locuit (0,5...0,75) V/h.

La structurile tradiționale de pereți din zidării ceramice, datorită porozității naturale a materialelor ceramice se asigură ventilația naturală a încăperilor, fără o preocupare specială prin proiectare. Adoptarea unor structuri noi, bazate pe folosirea betonului vibrat și a structurilor din materiale impermeabile face ca problema permeabilității la aer a elementelor de construcție să fie mai complicată.

5.12.1. BAZA FIZICĂ A SCHIMBULUI DE AER DIN ÎNCĂPERI

Schimbul de aer dintre încăperile unei construcții și mediul înconjurător se produce datorită diferenței de presiune dintre aerul interior și cel exterior. Diferența de presiune Δp dintre aerul interior și exterior poate fi de natură

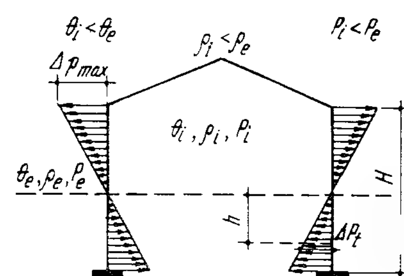


Fig. 5.37. Variația presiunii aerului pe înălțimea unei încăperi.

termică sau determinată de impactul produs de acțiunea vîntului pe suprafața exterioară a elementului de construcție.

Presiunea termică, Δp_t, exprimată în Pa, provine din faptul că la aceeași presiune barometrică, aerul exterior este mai greu, fiind mai rece, în comparație cu aerul interior care este mai cald. Datorită diferenței de temperatură și deci de greutate, ia naștere o diferență de presiune (fig. 5.37), care la distanța h de axa neutră prezintă valoarea :

$$\Delta p_t = gh(\rho_e - \rho_i) = gh\ \rho_0 \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i}\right) T_0, \tag{5.120}$$

în care g este accelerația gravitației, egală cu 9,80665 m/s^2; h — distanța de la planul neutru pînă la secțiunea considerată, în m ;

$$\rho_0 = 1{,}293\ \text{kg/m}^3 \text{ și } T_0 = 273{,}15\ \text{K};$$

T_i, T_e — temperaturile absolute ale aerului exterior și respectiv interior, în K.

Greutatea specifică a aerului ρ_a se poate calcula în funcție de temperatură, cu relația :

$$\rho_a = \frac{1{,}293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}. \tag{5.121}$$

În cazul cînd ferestrele nu sînt deschise și elementele de construcție au aceeași permeabilitate, pe toată înălțimea, diferența maximă de presiune rezultă :

$$\Delta p_{max} = 0{,}5\ hg\ \rho_a \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i}\right) T_o. \tag{5.122}$$

La transformarea unităților de măsură SI și tehnice ale presiunii aerului se au în vedere relațiile :

$$p(\text{daN/m}^2) = 13{,}595\ p\ (\text{torr});$$

iar în Pascal :

$$1 \text{ mm col. } H_2O = 1\ \text{daN/m}^2 = 10 \text{ Pascal (Pa)};$$

$$1\ \text{Pa} = 1\ \text{N/m}^2.$$

Presiunea datorită vîntului se calculează cu relația :

$$\Delta p_v = \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2 \rho_a}{2g} = \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2}{2g} \frac{1{,}293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}, \tag{5.123}$$

în care η_1, η_2 — sînt coeficienții aerodinamici ;
v — viteza vîntului, în m/s ;
ρ_a — greutatea specifică a aerului, în Kg/m^3 ;
g — accelerația gravitației egală cu 9,81 m/s^2 ;
θ_a — temperatura aerului exterior, în °C.

Pentru viteza vîntului, ce interesează practic, cuprinsă între 1 și 15 m/s, Δp_v, în mm col. H_2O prezintă valori cuprinse între 0,04 și 9,00 mm col. H_2O.

Presiunea totală a aerului este dată de relația :

$$\Delta p = \Delta p_t + \Delta p_v = gh\ \rho_0\ T_0 \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i}\right) + \frac{\eta_1 - \eta_2}{2} \frac{v^2}{2g} \frac{1{,}293}{1 + \frac{\theta_a}{273}}. \tag{5.124}$$

5.12.2. CARACTERISTICILE DE PERMEABILITATE LA AER A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE

Permeabilitatea la aer a materialelor de construcție se exprimă prin coeficientul i, de permeabilitate, care reprezintă cantitatea de aer ce trece printr-un cub de material cu latura de 1 m, pe durata de o oră și pentru o diferență de presiune dintre suprafețele opuse, de 1 mm col. H_2O, avînd dimensiunea kg/m h mm col. H_2O sau s. În STAS 6 472—74 se prezintă valorile coeficienților de permeabilitate la aer a diverselor materiale de construcție.

Permeabilitatea la aer P_a, în kg/m^2 h mm col. H_2O sau în s/m, a elementului de construcție omogen, de grosime d, este dată de relația :

$$P_a = \frac{i}{d}. \tag{5.125}$$

Rezistența la permeabilitate la aer a unui element omogen de construcție, în m^2 h mm col. H_2O/Kg sau în m/s, este inversul permeabilității la aer :

$$R_a = \frac{1}{P_a} = \frac{d}{i}. \tag{5.126}$$

Pentru principalele materiale de construcție, rezistențele la permeabilitate la aer prezintă valori cuprinse între 0,2 m^{2}h mm col. H_2O/kg (vată minerală de 5 cm grosime) și 2 000 m^{2}h mm col. H_2O/kg (beton de 10 cm grosime).

Rezistența efectivă la infiltrația aerului, în m/s, prin elementele de construcție exterioare, în mai multe straturi, se calculează cu expresia :

$$R_{a_{ef}} = R_{a_1} + R_{a_2} + \ldots + R_{a_n} = \sum_{j=1}^{n} \frac{d_j}{i_j} = \sum_{j=1}^{n} R_{aj}, \tag{5.127}$$

în care R_{aj} este rezistența efectivă la infiltrația aerului a unui strat component, în m/s.

Debitul specific de aer m_a, în kg/s, ce trece printr-un element de construcție, influențînd confortul, este dat de relația :

$$m_a = i\, S \frac{\Delta P}{d} = \frac{\Delta P}{R_{a_{ef}}} S, \tag{5.128}$$

în care ΔP este diferența de presiune dintre aerul interior și exterior, în Pa, iar S — suprafața elementului exterior de construcție, în m^2.

5.12.3. CALCULUL PERMEABILITĂȚII LA AER A CONSTRUCȚIILOR

La calculul permeabilității la aer a construcțiilor intervine în primul rînd aspectul limitării schimbului de aer, dintre interiorul și exteriorul încăperilor, pentru ca pierderile de căldură ale elementelor exterioare de construcție să nu depășească 5% pentru construcții civile și de locuit și 10% pentru construcții industriale.

În acest scop este necesar să se asigure respectarea relației :

$$R_{a_{ef}} \cong R_{a_{nec}}, \tag{5.129}$$

în care $R_{a_{nec}}$ este rezistența necesară la permeabilitatea la aer a elementelor exterioare de construcție care se calculează în funcție de rezistența termică necesară $R_{o_{nec}}$, în m^{2}K/W și de viteza v a vîntului, în m/s.

Pentru pereții exteriori, acoperișurile-terasă și planșeele peste gangurile clădirilor publice și de locuit, $R_{a_{nec}}$, se determină cu relația :

$$R_{a_{nec}} = n\, v^2\, R_{o_{nec}}, \tag{5.130}$$

în care n este un factor egal cu 3 530 pentru clădirile publice și de locuit încălzite și cu 1 765 pentru clădirile industriale încălzite, iar v — viteza de calcul a vîntului din zona geografică respectivă, însă minimum 5 m/s.

Folosirea pereților exteriori cu o permeabilitate la aer mai mare de 0,4 m^3/m^{2}h, pentru o diferență de presiune a aerului de 1 mm col. H_2O, este neindicată.

5.13. PROIECTAREA HIGROTERMICĂ A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII

5.13.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Una din problemele fundamentale ale dezvoltării actuale și de perspectivă a clădirilor și construcțiilor, se referă la consumul de energie și combustibil la investiție și exploatare.

În acest sens, prezintă interes deosebit capacitatea de izolare termică a materialelor și elementelor de construcție, forma clădirilor și condițiile ventilării naturale ale acestora.

Pentru aprecierea globală a calității termice a unei clădiri, se poate lua în considerare coeficientul volumic de transfer al clădirii K_v, în kcal/m^{3}h, definit de expresia :

$$K_v = \frac{\Sigma K_i S_i \Delta\theta + 0{,}35\, V n \Delta\theta}{V}, \tag{5.131}$$

în care K_i este coeficientul general de transfer al căldurii pentru elementul exterior de construcție S_i, în kcal/m^{2}h°C ;
S_i — suprafața elementului exterior de construcție (perete, acoperiș, fereastră), cu coeficient diferit de transfer al căldurii, în m^2;
$\Delta\theta$ — diferența totală de temperatură pentru calculul pierderilor de căldură ale clădirilor conform STAS 1 907—72 în °C ;
0,35 — căldura specifică a aerului, în kcal/°C m^3 ;
V — volumul clădirii în m^3 ;
n — numărul de schimburi orare de aer, necesare din cerințe biologice.

Astfel, la clădiri de locuit cu 5 niveluri, cantitatea de căldură necesară încălzirii unui apartament, este variabilă cu lățimea clădirii între 5 400 kcal/h pentru 9 m și 2 500 kcal/h pentru 24 m.

Pentru blocuri punct, cantitatea de căldură consumată pentru încălzirea unui apartament este de 6 000 kcal/h și scade sensibil pînă la 1 200 kcal/h, pentru blocurile tip bară.

Criteriul abordat privind economia de energie și combustibil la încălzire este determinat de reducerea transferului de căldură prin elementele exterioare ale clădirii (pereți, acoperișuri, tîmplărie). Criteriul de rezistență termică minimă necesară definit de STAS 6 472—74, nu poate constitui un criteriu de rezistență optimă sub aspectul economiei de energie în exploatarea clădirilor.

La structuri de pereți omogeni, calitatea de rezistență termică rezultă din luarea în considerare a expresiei R_o, în m^{2}h°C/kcal :

$$R_o = 0{,}193 + \frac{d}{\lambda}; \tag{5.132}$$

Pentru obținerea valorii maxime R_o se are în vedere alegerea corespunzătoare a materialului, astfel încît λ să prezinte valori minime în raport și cu cerințele de rezistență mecanică a elementelor considerate. Limitele de variație ale grosimii d a peretelui omogen sînt relativ mici, determinate de considerente constructive și tehnologice.

La structuri de elemente în mai multe straturi, se poate acționa asupra caracteristicilor λ_{iz} ale materialului termoizolant prin alegerea judicioasă a acestuia cît și asupra grosimii izolației, d_{iz}.

Grosimea termoizolației se poate optimiza din condiția ca S din expresia (5.133) să prezinte valoare minimă :

$$S = C + I + n\, E, \tag{5.133}$$

în care : S reprezintă costul total comparabil, în lei/m^2;
C — costul elementului de construcție care variază cu gradul de protecție termică, în lei /m^2 ;

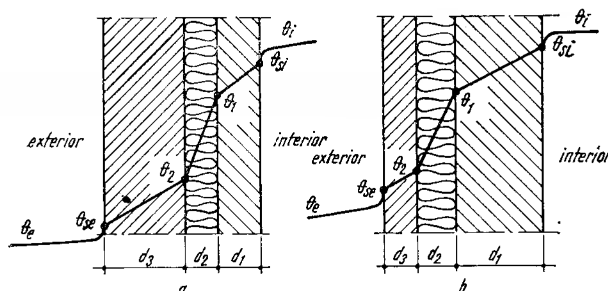


Fig. 5.38. Influența poziției izolației termice la pereți în trei straturi:

a — cu izolație termică dispusă la interior; *b* — cu izolația termică dispusă la exterior.

I este cota parte din costul instalației de încălzire centrală, în lei/m²;

n — numărul de ani de calcul;

E — costurile anuale de exploatare pentru instalația de încălzire, în lei/m² an.

În condițiile analizei comportării termice în regim staționar, rezistența termică a unui element de construcție (perete, terasă), în mai multe straturi, rezultă analitic aceeași ca valoare, independent de poziția straturilor în structură, corespunzătoare relației:

$$R_{o_{ef}} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_K}{b_K \lambda_K} + \frac{1}{\alpha_e}. \tag{5.134}$$

Datorită faptului că în realitate exploatarea clădirilor are loc în regim nestaționar de temperatură, este necesar a se lua în considerare și alte aspecte care condiționează comportarea higrotermică a elementelor de construcție. Astfel, la structuri de pereți în trei straturi, dacă izolația termică este dispusă la interior (fig. 5.38, *a*), diferența de temperatură pe grosimea izolației, $\Delta\theta_{iz} = \theta_1 - \theta_2$ este maximă în raport cu căderile de temperatură în straturile de beton. Stratul interior de beton este mai cald iar structura elementului de construcție este judicioasă la sisteme de încălzire discontinuă. În cazul izolației termice dispusă spre exterior (fig. 5.38, *b*), diferența de temperatură $\Delta\theta = \theta_{si} - \theta_1$ în stratul portant este minimă, stratul de masă mare este mai cald, iar structura elementului apare mai judicioasă la sisteme de încălzire continuă. Stratul termic dispus spre exterior protejează stratul rigid de beton, atît de acțiunea înghețului cît și de radiația solară.

Astfel, la încăperi cu durată mică de utilizare, apare în principiu indicată structura de perete cu stratul de izolație termică dispus la interior (fig. 5.39, *a*),

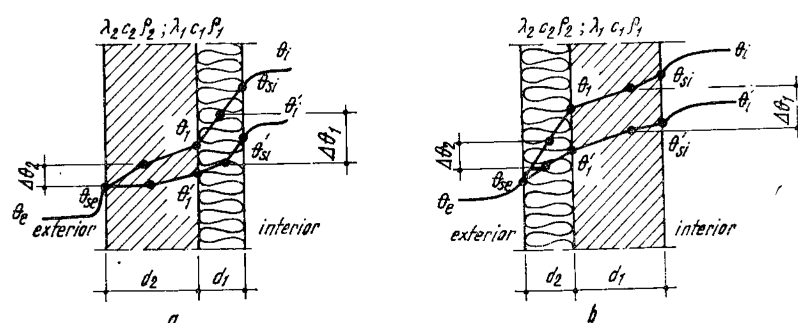


Fig. 5.39. Capacitatea de acumulare termică a peretelui în două straturi, cu stratul de izolație termică dispus:

a — la interior; *b* — la exterior.

deoarece capacitatea de acumulare termică a acestui strat este redusă, iar ridicarea temperaturii este rapidă:

$$A_1 = \lambda_1 c_1 \rho_1 d_1 \Delta\theta_1 < \lambda_2 C_2 \rho_2 d_2 \Delta\theta_2. \tag{5.135}$$

La încălzire continuă este indicată structura cu stratul de mare acumulare dispus la interior (fig. 5.39, *b*), deoarece în acest caz se verifică inegalitatea:

$$A_1 = \lambda_1 C_1 \rho_1 d_1 \Delta\theta_1 > \lambda_2 C_2 d_2 \rho_2 \Delta\theta_2. \tag{5.136}$$

Creșterea rezistenței termice a ferestrelor se poate obține prin adoptarea de tîmplărie cu 3 și 4 rînduri de geamuri, separate cu straturi de aer de 1...4 cm și prin etanșarea perfectă a rosturilor dintre toc și perete, cercevea și perete, geam și cercevea. Creșterea etanșeității ferestrelor implică măsuri adecvate privind ventilarea naturală a încăperilor în mod organizat, în raport cu condițiile și cerințele de exploatare.

Din punctul de vedere al migrației vaporilor de apă din interior spre exterior, comportarea elementului de construcție depinde de poziția stratului termoizolant. În cazul structurii cu termoizolația dispusă la interior (fig. 5.40), difuzia vaporilor de apă spre exterior este limitată, deoarece betonul se opune în mai mare măsură la trecerea vaporilor de apă în comparație cu stratul de izolație termică, fiind posibilă acumularea lor în secțiunea *S* — *S*.

Structura de perete, cu izolația termică dispusă la exterior (fig. 5.41), este nu numai cea mai indicată din punct de vedere termic, dar prezintă avantaje și sub aspectul difuziei vaporilor de apă.

La structuri de pereți cu materiale etanșe la vaporii de apă, dispuse la exterior, cum sînt sticla, metalul, azbocimentul, PVC-ul ondulat, poliesterul ondulat, fibrocimentul (fig. 5.42), eliminarea excesului de umiditate se realizează prin ventilarea naturală a canalelor verticale de aer, dispuse spre exterior, în comunicație la partea superioară și inferioară a elementului, cu mediul ambiant.

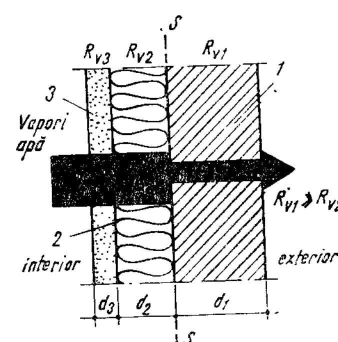


Fig. 5.40. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la interior:

1 — strat din beton; *2* — izolație termică; *3* — tencuială interioară.

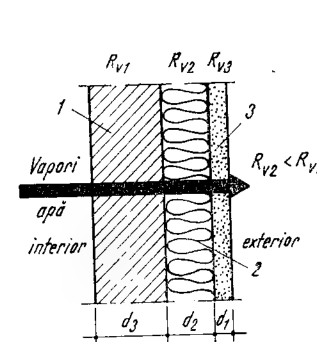


Fig. 5.41. Difuzia vaporilor de apă printr-un perete de beton cu stratul de izolație termică dispus la exterior:

1 — strat de beton; *2* — izolație termică; *3* — tencuială exterioară.

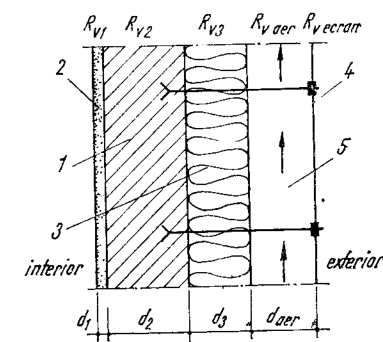


Fig. 5.42. Perete cu strat de aer ventilat:

1 — strat de beton armat; *2* — tencuială interioară; *3* — izolație termică; *4* — strat exterior impermeabil (sticlă, metal, materiale plastice, azbociment); *5* — strat de aer ventilat.

La încăperi cu umidități mari interioare, peste 75%, se dispune pe partea caldă a peretelui un ecran para-vapori, alcătuit din:
– pelicule de vopsea pe bază de ulei, email pe bază de alchidal, vopsea bituminoasă sau bitum la cald, email pe bază de copolimer vinilic, email pe bază de clor-cauciuc;
– folii din carton bitumat, împîslitură din fibre de sticlă bitumată, polietilenă, aluminiu;
– straturi complexe, alcătuite din cartoane și pînze bitumate, împîslituri sau țesături din sticlă bitumată între straturi de bitum etc.

5.13.2. DIMENSIONAREA TERMICĂ A PEREȚILOR

Comportarea higrotermică a pereților depinde de caracteristicile fizice ale materialelor folosite și de modul de alcătuire a structurilor. Pereții omogeni prezintă, în general, o comportare bună din punctul de vedere al rezistenței termice, al permeabilității la vapori de apă și aer, dacă materialele folosite au densitatea aparentă cuprinsă între 1 200 și 1 800 kg/m^3, iar condițiile de microclimat sînt în limite obișnuite $\theta_i = 18$ °C, în camere de zi, $\theta_i = 22$°C în băi și în construcțiile cu confort sporit și $\varphi_i = 30...60\%$. În condiții de umiditate mai mare este necesară protecția suprafeței interioare a pereților cu bariere de vapori.

La structuri neomogene de pereți, în mai multe straturi, din materiale cu densități aparente foarte diferite, de la $\rho = 30$ kg/m^3, pentru polistiren celular la $\rho = 2\,400$ kg/m^3 pentru betonul vibrat, folosit la panouri mari și structuri monolite, în mai multe straturi, trebuie luate în considerare anumite principii relativ la comportarea higrotermică care condiționează exploatarea normală a clădirilor. Aceste principii se referă la rezistența termică minimă, comportarea structurilor în zona punților termice și la colțuri, permeabilitatea la vapori de apă și caracteristicile de amortizare și defazaj ale oscilațiilor termice.

5.13.3. REZISTENȚA TERMICĂ A PEREȚILOR

Pentru asigurarea confortului la clădirile de locuit și social-culturale și în scopul dimensionării economice a instalațiilor de încălzire centrală, este necesar ca pierderile de căldură prin pereți, ferestre și uși să fie în limita unor valori minime. Această cerință implică respectarea inegalității:

$$R_{oc} = \frac{R_o}{m} \geqslant R_{onec} \qquad (5.137)$$

în care R_{oc} este rezistența termică corectată a peretelui, în m^{2}K/W, definită de relația (5.47);
m – coeficient de masivitate avînd valorile date în STAS 6 472–74, între 1,0 și 1,10, în funcție de valorile indicelui inerției termice, conform relațiilor (5.83) și (5.84);
R_{onec} – rezistența termică necesară, în m^{2}K/W.

Rezistența termică necesară se calculează cu expresia:

$$R_{onec} = \frac{(\theta_i - \theta_e)\,n}{\Delta\theta_{i\,max}} R_i, \qquad (5.138)$$

în care θ_i este temperatura aerului interior, în funcție de destinația încăperilor, în °C;
θ_e – temperatura convențională de calcul a aerului exterior în °C, conform zonelor climatice din STAS 6 472–74, după care teritoriul țării noastre este împărțit în 3 zone climatice (zona I cu –12°C, zona a II-a cu –15°C, zona a III-a cu –18°C);
n – coeficient care depinde de poziția suprafeței exterioare a elementului de construcție, față de aerul exterior, avînd valori între 0,4 și 1;
$\Delta\theta_{i\,max}$ – valoarea diferenței maxime admisibile dintre temperatura aerului interior și temperatura suprafeței interioare a elementului de construcție, în °C, egală cu $\theta_i - \tau_r$, între limitele 4,5...12°C.

Temperatura de rouă τ_r, care intervine la satisfacerea condițiilor de confort, se calculează determinînd presiunea vaporilor de apă din aerul interior, în N/m^2, cu relația:

$$P_{vi} = \frac{P_s}{100} \varphi_i. \qquad (5.139)$$

Folosind datele din STAS 6 472-74, se poate deduce temperatura pentru care presiunea parțială a vaporilor de apă, calculată cu relația (5.139), devine presiune de saturație. Această temperatură corespunde punctului de rouă și reprezintă valoarea de calcul pentru τ_r.

În STAS 6 472–74 sînt prezentate valorile rezistențelor minime necesare la transfer termic, R_{onec}, ale pereților exteriori și ale teraselor la clădiri de locuit, social-culturale și industriale, cu degajări mici și mijlocii de căldură.

Tabelul 5.1

Zona climatică	Temperatura exterioară de calcul θ_e, °C	Rezistența termică necesară $R_{o\,nec}$, m^{2}K/W
I	–12	0,65
a II-a	–15	0,71
a III-a	–18	0,77

Tabelul 5.2

Zona climatică	Temperatura exterioară de calcul θ_e, °C	Rezistența termică necesară $R_{o\,nec}$, m^{2}K/W
I	–12	0,53
a II-a	–15	0,58
a III-a	–18	0,64

Pentru clădiri de locuit, spitale, grădinițe de copii, creșe, considerîndu-se $\theta_i = +20$°C și $\Delta\theta_{i\,max} = 6$°C, R_{onec}, în funcție de θ_e (pentru zonele climatice I, a II-a și a III-a din R. S. România) rezultă conform datelor din tabelul 5.1.

Pentru clădiri publice, teatre, cinematografe, școli, cluburi, anexe social-culturale, considerîndu-se $\theta_i = +18$°C și $\Delta\theta_{i\,max} = 8$°C, R_{onec} rezultă conform datelor din tabelul 5.2.

Valorile R_{onec} pentru terase, considerînd $\theta_i = +20$ și 18°C, $\Delta\theta_{i\,max} = 4{,}5$ și 5,5°C, sînt prezentate în tabelul 5.3.

Valorile prezentate în tabelele 5.1 5.2 și 5.3 sînt considerate minime, ele putînd fi optimizate pe considerentele economiei de energie, de combustibil și metal, avînd în vedere atît costurile de investiție, cît și cele de exploatare ale elementelor de construcție, ale sistemelor de încălzire și de condiționare a aerului.

Tabelul 5.3

Destinația clădirii	Zona climatică		
	I $\theta_e = -12°C$	a II-a $\theta_e = -15°C$	a III-a $\theta_e = -18°C$
— Încăperi de locuit, spitale, creșe, grădinițe de copii etc., $\theta_i = 20°C$, $\Delta\theta_{i\,max} = 4{,}5°C$	0,88	0,95	1,03
— Teatre, cinematografe, școli, cluburi, gări, clădiri social-culturale, sanitare, anexe ale întreprinderilor industriale etc., $\theta_i = 18°C$, $\Delta\theta_{i\,max} = 5{,}5°C$	0,67	0,74	0,81

La structuri de pereți omogeni cu tencuială și la pereți în mai multe straturi perpendiculare pe direcția fluxului termic, rezistența termică globală R_o se calculează cu expresia :

$$R_o = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{k=1}^{n} \frac{d_k}{b_k \lambda_k} + \frac{1}{\alpha_e}. \qquad (5.140)$$

5.13.4. AMORTIZAREA ȘI DEFAZAJUL OSCILAȚIILOR TERMICE

Pentru aprecierea stabilității termice a unui element de construcție, se calculează valoarea efectivă a amortizării oscilației termice ν_{ef} și se compară cu valoarea normată a amortizării ν_{nec} verificîndu-se inegalitatea :

$$\nu_{ef} \geqslant \nu_{nec}. \qquad (5.141)$$

Valorile necesare ale amortizării amplitudinilor variațiilor de temperatură, ν_{nec}, după Fr. E i c h l e r [38], sînt cuprinse între 10 și 25, în funcție de tipul elementului de construcție.

Valorile amortizării termice efective ν_{ef} se calculează pentru elemente omogene, cu indicele inerției termice $D < 1$, cu ajutorul expresiei :

$$\nu_{ef} = 0{,}9\, e^{D/\sqrt{2}} \frac{(S_{24} + \alpha_i)\,\alpha_e + U}{(S_{24} + U)\,\alpha_e}, \qquad (5.142)$$

în care e este baza logaritmilor naturali (2,718), iar U — coeficientul de asimilare a căldurii la suprafața elementului de construcție, dat de relația :

$$U = \frac{RS_{24} + \alpha_i}{1 + R\alpha_i} \qquad (5.143)$$

La structuri în mai multe straturi, valoarea amortizării termice efective se calculează cu relația :

$$\nu_{ef} = 0{,}9^{\,D/\sqrt{2}}\, \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + U_1} \cdot \frac{S_2 + U_1}{S_2 + U_2} \cdots \frac{S_n + U_{n-1}}{S_n + U_n} \cdot \frac{\alpha_n + S_{n+1}}{\alpha_e} \qquad (5.144)$$

Valorile $U_1 \ldots U_n$ se calculează în funcție de inerția termică a straturilor componente conform datelor din STAS 6 472—74.

Dimensionarea elementelor de construcție la defazajul oscilațiilor termice presupune verificarea inegalității :

$$\eta_{ef} \geqslant \eta_{nec} \qquad (5.145)$$

Pe plan internațional nu sînt normate valori minime privind întîrzierea de fază, η_{nec}. Fr. E i c h l e r [38], pe baza amortizării minime ν, indică valorile necesare pentru defazajul oscilațiilor termice ale elementelor de construcție între 6 și 14 ore.

După A. S k l o v e r [104] defazajul oscilațiilor termice η_{ef}, se poate calcula cu relația :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{15}\left(40{,}5\, D - \text{arctg}\,\frac{\alpha_i}{\alpha_i + S_{24}\sqrt{2}} + \text{arctg}\,\frac{\alpha_e}{S_{24} + \alpha_e\sqrt{2}}\right). \qquad (5.146)$$

La structuri de pereți în mai multe straturi, calculul defazajului η_{ef} se face cu expresia :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{15}\left(40{,}5 \sum_{k=1}^{n} D_k - \text{arctg}\,\frac{\alpha_i}{\alpha_i + U_i\sqrt{2}} + \text{arctg}\,\frac{\alpha_e}{U_e + \alpha_e\sqrt{2}}\right). \qquad (5.147)$$

U_i și U_e se calculează pentru fiecare strat component, în funcție de poziția stratului și valorile D_k. Coeficientul U_i se ia egal cu U_1 și U_e egal cu U_n.

O analiză mai amănunțită a fenomenului presupune luarea în considerare și a capacității de acumulare termică a elementelor de construcție, precum și a influenței transmisiei plane la colțuri și în zona punților termice, la structuri omogene și neomogene.

5.13.5. CARACTERISTICILE PEREȚILOR CU PUNȚI TERMICE

La structuri de pereți cu punți termice, cercetările efectuate de J. Berthier în Franța [11], ca și cercetările din țara noastră [44], [46], arată că influența punții termice descrește cu raportul a/d (fig. 5.43) în care a este lățimea punții termice și d grosimea peretelui. Reducerea grosimii punții termice la 3 cm, tehnologic minim necesară, conduce la îmbunătățirea comportării termice a peretelui.

Efectul de punte termică este mai redus la structura de perete cu stratul de masă mare la interior (fig. 5.43, a), în comparație cu structura cu stratul de masă mare la exterior (fig. 5.43, b).

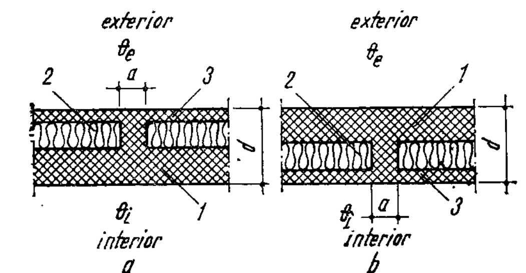


Fig. 5.43. Poziția stratului termoizolant și comportarea punții termice :
a — structură judicios realizată din punctul de vedere al comportării termice ; *b* — structură cu eficiență termică redusă ; *1* — strat de masă mare ; *2* — strat termoizolant ; *3* — strat de protecție.

În STAS 6 472—74 și în Normativul CAER privind termotehnica în

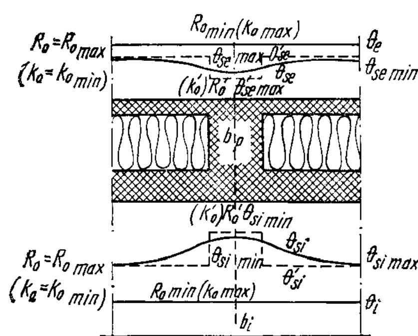


Fig. 5.44. Variaţia temperaturilor în zona punţii termice.

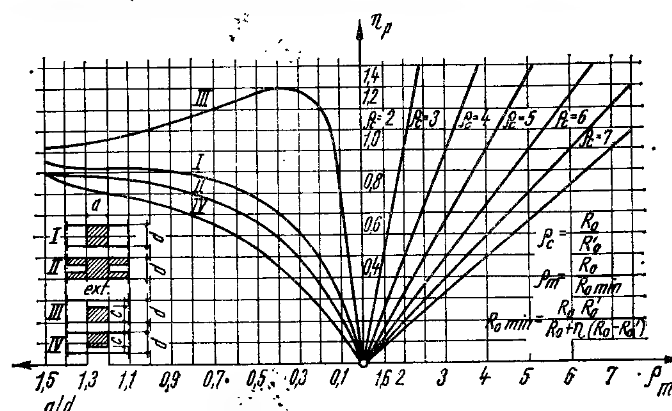


Fig. 5.45. Valorile coeficientului η_p, în funcţie de tipul punţii termice (I; II; III sau IV) şi de raportul a/d.

construcţii, pentru calculul rezistenţei minime şi a temperaturii minime în zona punţilor termice (fig. 5.44), se recomandă relaţiile:

$$R_{o\,min} = \frac{R_o R_o'}{R_o' + \eta_p (R_o - R_o')}; \qquad (5.148)$$

$$\theta_{si\,min} = \theta_i - (\theta_i - \theta_e)\, R_i \frac{R_o' + \eta_p (R_o - R_o')\, m}{R_o R_o'} \geqslant \tau_r, \qquad (5.149)$$

în care: R_o este rezistenţa la transmisia căldurii în secţiunea neinfluenţată de puntea termică, în m²K/W;

R_o' — rezistenţa la transmisia căldurii în zona punţii, în m²K/W;

η_p — coeficient de corecţie în funcţie de tipul punţii şi de raportul a/d, conform graficelor din figura 5.45;

τ_r — temperatura de rouă conform condiţiilor de microclimat interior, în °C.

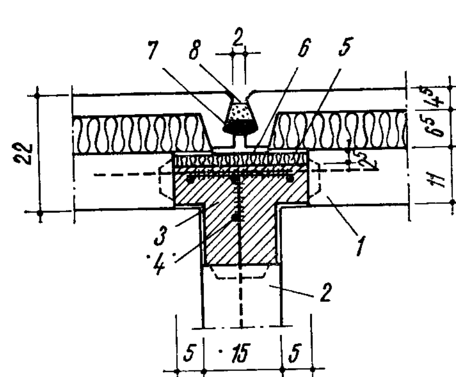


Fig. 5.46. Corecţia termică a punţii la îmbinările verticale ale panourilor prefabricate de pereţi:

1 — panou exterior; 2 — panou interior; 3 — beton de monolitizare; 4 — armături în îmbinare; 5 — izolaţie termică suplimentară; 6 — carton bitumat; 7 — strat etanş la aer (semiţeavă din PVC); 8 — mortar decorativ.

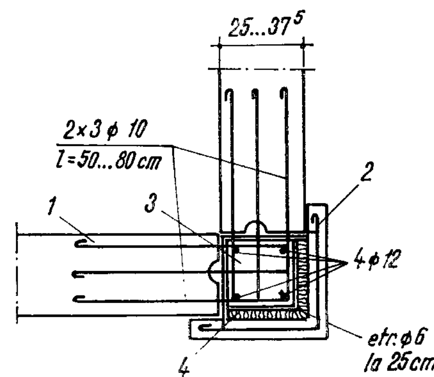


Fig. 5.47. Corecţia termică a punţii la colţul unei clădiri:

1 — perete exterior; 2 — element prefabricat de colţ; 3 — stîlp monolit; 4 — izolaţie termică suplimentară.

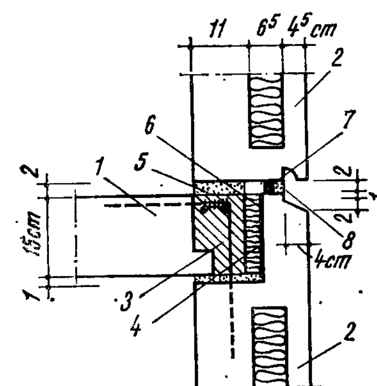


Fig. 5.48. Corecţia termică a punţii în zona centurii planşeului (îmbinare orizontală):

1 — panou de planşeu; 2 — panou de perete exterior; 3 — beton de monolitizare; 4 — izolaţie termică suplimentară; 5 — mortar de poză; 6 — carton bitumat; 7 — strat etanş la apă; 8 — mortar decorativ.

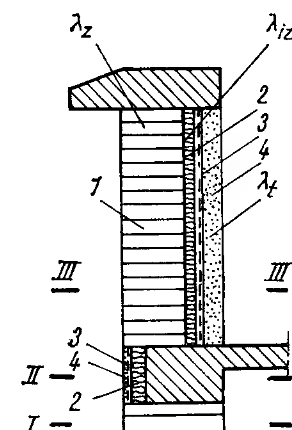


Fig. 5.49. Corecţia termică a punţii în dreptul nişelor de radiator şi a centurilor de planşeu:

1 — perete de grosime redusă în zona nişei; 2 — izolaţie termică rigidă; 3 — strat de carton bitumat; 4 — tencuială pe plasă de rabiţ.

Luînd în considerare cerinţele de confort privind eliminarea riscului de condens şi a micşorării pierderilor de căldură în zona punţilor, este necesară corecţia termică a punţilor, la îmbinările verticale ale clădirilor cu structură din panouri mari prefabricate (fig. 5.46), la colţuri (fig. 5.47) şi la îmbinări orizontale (fig. 5.48).

Conform prevederilor STAS 6 472—74, elaborat de Catedra de Construcţii civile şi industriale de la Institutul Politehnic din Iaşi, este necesară corectarea tuturor punţilor termice ce pot interveni la centurile-buiandrugi, la centuri curente de planşee, în zona nişelor de radiator (fig. 5.49), luîndu-se în considerare inegalitatea:

$$k_{t_{II-II;\,III-III;\,IV-IV}} \geqslant 1{,}2 R_{t_{I-I}}. \qquad (5.150)$$

5.13.6. ETANŞEITATEA LA APĂ A PEREŢILOR

Cerinţele privind etanşeitatea la apă a clădirilor se referă la faptul că apa nu trebuie să apară în interiorul construcţiilor şi nu trebuie să vină în contact cu materialele a căror funcţiune sau durabilitate pot fi afectate de acţiunea ei [44].

Unul din fenomenele care fundamentează difuzia apei prin materiale şi elemente de construcţii este capilaritatea. Dacă într-un vas cu apă (fig. 5.50) se scufundă tuburi de diametre diferite, apa se urcă în aceste tuburi cu atît mai sus cu cît diametrul este mai mic; $h_1 > h_2$, dacă $d_1 < d_2$.

Pentru o prezentare mecanică a fenomenului (fig. 5.51) se admite că există o forţă verticală în lungul liniei de contact între peretele tubului şi meniscul de separaţie aer-apă.

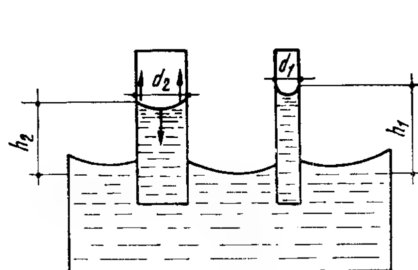


Fig. 5.50. Ascensiunea capilară a apei în tuburi de înălțimi diferite.

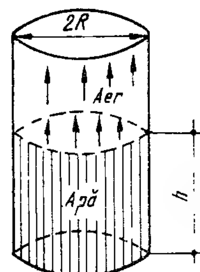


Fig. 5.51. Reprezentarea mecanică a fenomenului de capilaritate.

Tensiunea superficială a lichidului echilibrează greutatea coloanei de apă care o separă de suprafața liberă a lichidului conform ecuației de echilibru dintre forța capilară și greutatea coloanei de apă :

$$A2\pi R = \rho\pi R^2 hg, \tag{5.151}$$

în care A este tensiunea superficială a lichidului, în N/m ; ρ — masa specifică a lichidului, în kg/m^3 ; R — raza tubului, în m ; g — accelerația gravitației, în m/s^2, iar h — înălțimea coloanei de lichid, în m.

După efectuarea unor simplificări se obține :

$$h = \frac{2A}{g\rho R}, \tag{5.152}$$

relație care reprezintă legea lui J u r i n.

În cazul apei, ecuația (5.152) ia forma :

$$h = \frac{15}{R} \tag{5.153}$$

în care h este înălțimea de ascensiune a apei în tub, în mm, iar R — raza tubului, în mm.

Forțele de capilaritate pot să producă numai un lucru mecanic limitat ; ele reprezintă o energie potențială susceptibilă de a produce ascensiunea apei prin capilaritate (fig. 5.52), numai în condițiile în care se manifestă suprapresiunea aerului, cu o valoare cel puțin egală cu înălțimea h.

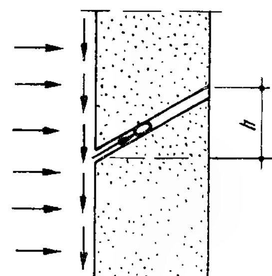


Fig. 5.52. Ascensiunea apei în rosturi.

Apa tinde să pătrundă în elementul de construcție sub acțiunea presiunii vîntului. Dacă clădirea este supusă acțiunii unui vînt de viteză v, suprapresiunea exercitată de acesta asupra fațadei este dată de relația :

$$p = C_v \frac{v^2}{16} \tag{5.154}$$

în care v este viteza vîntului, în m/s ; p — presiunea, în mm col. H_2O, iar C_v — coeficient adimensional care în cazul fațadelor supuse acțiunii vîntului are valoarea 0,8.

Pentru ca presiunea aerului datorită vîntului să determine penetrarea apei în fisuri, trebuie ca apa să constituie un fel de dop, adică fanta nu trebuie să fie prea deschisă. În fantele care au o deschidere mai mare de 4...5 mm sau în tuburi cu mărimea diametrului superioară valorii de 8...10 mm, acest dop de apă nu se mai formează. Apa se regăsește sub formă de picături, între care curentul de aer poate să circule. Presiunea exercitată de vînt este în acest caz mult diminuată.

5.13.7. CALCULUL LA UMIDITATE AL ACOPERIȘULUI TERASĂ

5.13.7.1. **Rezistența necesară a acoperișului la vapori de apă și aer.** Rezistența necesară la permeabilitate la vapori $R_{v\,nec}$ a planșeelor duble de terasă cu spații ventilate sau a acoperișurilor din plăci mici, rigide (țigle, plăci sau foi de azbociment etc.), trebuie să satisfacă condiția :

$$R_{v\,ef} \geqslant R_{v\,nec} = 1{,}2(P_{vi} - P_{ve}). \tag{5.155}$$

Rezistența necesară la permeabilitate la aer $R_{a\,nec}$ a acoperișurilor terasă ale clădirilor de locuit și social-culturale trebuie să îndeplinească condiția :

$$R_{a\,nec} = 0{,}1v^2R_{o\,nec}. \tag{5.156}$$

5.13.7.2. **Calculul umidității acumulată în acoperiș.** Determinarea stării de umiditate a acoperișului are loc pentru durata medie în care se produce condensul, iar temperatura exterioară de calcul se adoptă ca temperatură medie pe acest interval de timp.

Cantitatea de vapori de apă P_a, în g/m^2, condensată în elementul de construcție în perioada de iarnă, se calculează cu relația (5.157) pe baza elementelor prezentate la paragraful 5.11.7 :

$$P_a = p_a T_a, \tag{5.157}$$

în care P_a, în g/m^{2}h, are expresia :

$$P_a = \frac{p_{vi} - p_{vI}}{\Sigma_I R_{vI}} - \frac{p_{vII} - p_{ve}}{\Sigma_{II} R_{vII}} \tag{5.158}$$

iar P_{vI}, P_{vII} sînt presiunile vaporilor de apă, în torr, corespunzătoare suprafețelor care limitează începutul și sfîrșitul zonei de condens ;

$\Sigma_I R_{vI}$, $\Sigma_{II} R_{vII}$ — suma rezistențelor la permeabilitatea la vapori, în m^{2}htorr/g, a straturilor elementului de construcție situate de la suprafața interioară a elementului la suprafața de început a zonei de condens, respectiv de la suprafața de sfîrșit a zonei de condens la suprafața exterioară a elementului ;

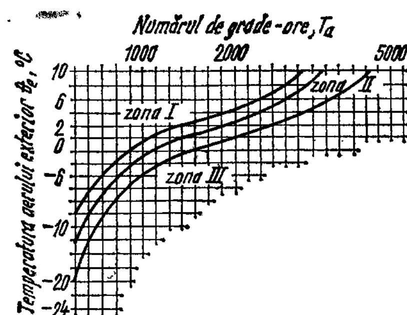


Fig. 5.53. Graficul numărului de grade-oră, în funcție de temperatura aerului exterior, în perioada de iarnă.

T_a — durata de apariție a condensului determinată conform graficului din figura 5.53, care indică numărul de grade-ore în funcție de temperatura aerului exterior în perioada de iarnă.

Cu ajutorul cantității de vapori de apă P_a, acumulată în elementul de construcție, se poate calcula creșterea umidității ΔW_{ef} în stratul de termoizolație, în perioada de iarnă, care trebuie să satisfacă inegalitatea :

$$\Delta W_{ef} = \frac{P_a}{100 d \rho} \leqslant \Delta W_{adm}, \qquad (5.159)$$

în care d este grosimea stratului termoizolant în care se condensează vapori de apă, în m ; ρ — densitatea aparentă a materialului termoizolant, în kg/m^3 și ΔW_{adm} — valorile umidității maxime admisibile în materialele de construcție, în %.

Capitolul 6

ACUSTICA CLĂDIRILOR

6.1. GENERALITĂȚI

Preocupările privind acustica clădirilor datează din timpuri străvechi. În perioada dezvoltării culturii grecești, Aristotel (384—322 îe.n.) a clasificat ramurile acusticii în : propagarea undelor sonore, construcția instrumentelor muzicale și mecanismul auzului. Civilizația antică s-a preocupat de construcția teatrelor și templelor (Vitruviu sec. I. î.e.n.), unde s-au aplicat principii de acustică valabile, în parte, și în timpurile moderne. În arhitectura antică, preocupările de acustică se refereau, în special, la construcțiile în aer liber (amfiteatre). În Evul Mediu și în Renaștere, opiniile lui Aristotel privind fenomenele fizice au constituit dogme intacte. Galileo Galilei și Isac Newton, în secolele XVI și XVII, abordează investigații privind propagarea undelor sonore. Prima carte, intitulată *Acustica*, aparține lui Chladni (1756—1824). Între anii 1810—1830 Young, Fresnel, Fourier, Poisson, Laplace și alții dezvoltă teoria propagării undelor elastice și termice. În 1851 Corti (1822—1876) descrie structura urechii ca organ al auzului. Prima lucrare modernă, intitulată *Teoria sunetului*, apare în 1878 și se datorește lui Rayleigh (1842—1919). Acustica spațiilor închise (încăperilor) este o preocupare relativ recentă. Primele elemente fundamentate științific, privind acustica clădirilor, au fost precizate de către Sabine (1868—1919), la începutul acestui secol.

Problemele privind acustica clădirilor se referă la două aspecte distincte ;
— studiul sunetului ca factor nociv (zgomot) în orașe și clădiri și măsurile de protecție sau de izolare fonică ;
— studiul condițiilor pentru o audiție bună în săli, auditorii etc., constituind acustica încăperilor.

În țara noastră există realizări de valoare din punct de vedere acustic; de exemplu : Casa radiodifuziunii, Centrul cinematografic de la Buftea, sala Palatului R. S. România, sala Teatrului Național, București, Craiova, sala Teatrului de stat din Tg. Mureș, cinematografe, săli de cultură la Suceava, Baia Mare, Hunedoara, Petroșani. Dezvoltarea construcțiilor social-culturale în viitor implică o largă și aprofundată cunoaștere a principiilor de acustică arhitecturală, iar cerințele de confort acustic în locuințe și industrie implică măsuri eficiente de protecție contra zgomotului.

Izolarea acustică intervine la clădirile de locuit și social-culturale, la construcțiile industriale și în spațiile de circulație urbană, în exteriorul și interiorul construcțiilor.

Acțiunea nocivă a zgomotelor, cu efecte de poluare sonoră a mediului ambiant, se explică prin aceea că vibrațiile sonore se transmit asupra creierului și în acest mod asupra întregului sistem neurovegetativ, putînd crea astfel dezechilibrul organismului, insomnii, nevroze, boli digestive, boli de inimă etc.

Lehman stabilește următoarele valori ale nivelului zgomotelor, în funcție de efectele pe care le produce :

— între 30 și 60 dB$_A$, efecte psihice :

— între 65 și 90 dB$_A$, efecte psihice și vegetative (în această categorie intră cea mai mare parte a zgomotului de circulație) ;

— între 90 și 120 dB$_A$, efecte psihice, vegetative și otologice ;
— la 120 dB$_A$, după scurt timp apare surzenia remanentă.

Realizarea confortului la noile construcții este indisolubil legată de măsuri constructive eficiente privind protecția și combaterea zgomotului pe căi multiple (la sursă, la transmisie, prin absorbție etc.)

6.2. NOȚIUNI DE ACUSTICĂ

6.2.1. SUNETUL CA FENOMEN FIZIC

Sunetul poate fi analizat în două accepțiuni :

— *fizic*, ca fenomen obiectiv, prin care se înțelege vibrația mecanică a particulelor de aer, capabilă de a produce senzația auditivă ;

— *fiziologic*, ca fenomen subiectiv, prin care se înțelege senzația recepționată și localizată de organele auditive, produsă de anumite oscilații mecanice.

Pentru ca un ascultător cu ureche normală să perceapă ca sunet o oscilație mecanică, este necesar ca aceasta să aibă o frecvență situată în domeniul audibil (16...20 000Hz), să fie caracterizată printr-o energie cuprinsă între anumite limite și să aibă o durată de cel puțin 0,06 secunde.

Sunetul fizic este produs de vibrația corpurilor solide și fluide care, transmisă aerului înconjurător, ajunge la urechea omenească dînd senzația sonoră. Sunetele se datoresc mișcărilor oscilatorii ale mediilor elastice.

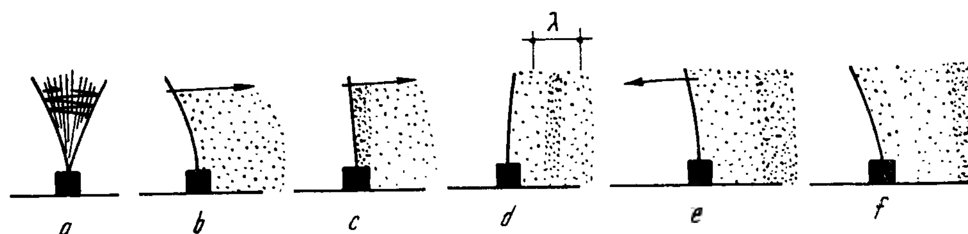


Fig. 6.1. Fazele vibrației moleculelor de aer la oscilația lamei elastice:
a — vibrație completă; *b*; *c*; *d*; *e*; *f* — fazele de comprimare și destindere a moleculelor de aer.

Propagarea mișcărilor oscilatorii din aproape în aproape, în mediile elastice, se datorește forțelor elastice. Un punct material în mișcare oscilatorie devine o sursă de oscilație. Oscilația care se propagă în timp și spațiu, constituie o undă. Locul geometric al punctelor atinse în același moment de mișcarea oscilatorie, constituie o suprafață de undă.

Exemplul clasic de vibrație este prezentat de lama elastică încastrată la o extremitate și liberă la cealaltă (fig. 6.1, *a*), care se deplasează cu o viteză constantă, trecînd periodic prin poziția inițială de repaus (0). Sunetele sînt emise de corpuri în mișcare oscilatorie și se propagă sub formă de unde, deci prin mișcări oscilatorii ale mediilor ce le străbat.

Propagarea sunetelor în aer se realizează prin unde sonore, iar în solide, prin unde elastice. Distanțele dintre două maxime de presiune succesive, pe direcția de propagare, caracterizează lungimea de undă λ, care pentru sunete este de 3 cm pînă la 20 m.

Asupra aerului, vibrația mecanică exercită presiuni și destinderi, ce fac ca moleculele aerului să vibreze în jurul unei poziții de echilibru (fig. 6.1, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*). În zonele de presiune, moleculele se apropie unele de altele, iar în zonele de depresiune ele se îndepărtează.

Ceea ce s-a arătat pentru aer este valabil și pentru apă și corpuri solide, în general pentru orice material. Sunetul este deci oscilația moleculelor materiale în jurul poziției lor de echilibru. Fiecare dintre particulele care alcătuiesc mediul în care este stabilit un cîmp sonor se află în mișcare oscilatorie.

În cazul fluidelor (gaze și lichide), în lipsa suprafeței libere sau a suprafeței de separare a două lichide, propagarea undelor sonore are loc numai prin unde longitudinale. Mișcarea particulelor de aer la propagarea undelor acustice este supusă legilor aerodinamicii. Dacă frecvența oscilațiilor acustice nu este prea mare și propagarea undelor se examinează pe distanțe relativ mici, se poate neglija influența viscozității asupra procesului de oscilație a particulelor, considerîndu-se aerul ca un fluid compresibil ideal, a cărui mișcare este subordonată ecuației de continuitate și ecuațiilor lui Euler. Din punct de vedere teoretic, mediul fluid în care se propagă undele sonore se consideră continuu, omogen, perfect fluid (fără viscozitate), perfect elastic și fără inerție termică.

Propagarea energiei sonore prin unde elastice, în solide, este datorată mișcării din aproape în aproape a particulelor materiale prin deplasarea transversală sau longitudinală pe direcția de înaintare a oscilației, prin comprimări și dilatări ale particulelor materiale (fig. 6.2). În mediul solid vor exista deci unde longitudinale în care particulele oscilează în lungul propagării undei și unde transversale, în care oscilațiile particulelor sînt perpendiculare pe direcția de propagare a undei acustice.

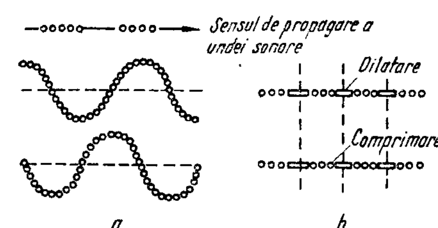


Fig. 6.2. Propagarea sunetului prin unde elastice:
a — unde transversale; *b* — unde longitudinale.

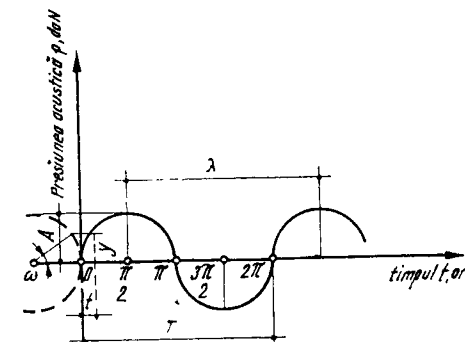


Fig. 6.3. Exprimarea sinusoidală a mișcării sunetului pur întreținut.

Modificările de presiune ale mediului elastic de propagare a sunetului definesc presiunile sonore p. În aer, aceste presiuni sonore pot fi mai mari sau mai mici decît presiunile aerului liniștit p_0, adică $p \gtrless p_0$.

Sursa sonoră se consideră punctiformă, iar forma undelor sonore, sferică. La distanțe mari față de sursă, undele sferice pot fi considerate plane, ceea ce corespunde poziției sursei la infinit.

Mișcarea extremității libere a lamei, și deci mișcarea oscilatorie a particulelor de aer, poate fi exprimată printr-o funcție sinusoidală (fig. 6.3), în cazul vibrației întreținute, reprezentînd ecuația oscilației sonore, de o anumită frecvență, cu defazaj inițial:

$$y = A \sin (2\pi f t + \beta) = A \sin (\omega t + \beta), \tag{6.1}$$

în care: y este presiunea sonoră exercitată de sursa sonoră asupra aerului;
- A — amplitudinea ce caracterizează cea mai mare deplasare a capătului liber al lamei față de poziția de repaus și reprezintă presiunea maximă exercitată asupra aerului;
- t — timpul;
- f — frecvența definită de numărul de vibrații produse în unitatea de timp:
- ω — pulsația oscilației sonore, egală cu $2\pi f$; $f = \frac{1}{T}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$;
- T — perioada sau ciclul, adică timpul necesar unei vibrații pentru a reveni la poziția de repaus trecînd succesiv prin două maxime de sens contrar;
- β — faza inițială.

Expresia vitezei oscilației este:

$$v = \frac{dy}{dt} = A\,\omega \cos (\omega t + \beta). \tag{6.2}$$

Accelerația mișcării rezultă:

$$\gamma = \frac{d^2y}{dt^2} = -A\,\omega^2 \sin (\omega t + \beta) = -\omega^2 y. \tag{6.3}$$

În natură, oscilațiile sonore se manifestă complex ca vibrații transmise prin diferite medii cu viteze și frecvențe variate, cu amplitudini variabile în timp, sub formă de unde incidente și reflectate ale căror efecte se suprapun, se interferează și se amortizează, astfel încît exprimarea analitică a fenomenului este practic posibilă numai aproximativ.

În realitate, oscilația sonoră este o vibrație compusă a aerului și a elementelor de construcție și instalații, în domeniul de frecvențe 20...20 000 Hz, alcătuită din suprapunerea oscilațiilor cu caracteristici variabile în timp și spațiu.

Orice oscilație acustică poate fi asimilată cu oscilația armonică, care teoretic poate fi studiată cu ajutorul teoriei oscilațiilor libere și forțate neamortizate sau amortizate, în cazul transmisiei sunetelor prin aer și cu ajutorul teoriei vibrațiilor longitudinale și transversale ale elementelor de construcții și instalații, în cazul transmiterii sunetelor prin solide.

6.2.2. ECUAȚIA CÎMPULUI SONOR

Porțiunea din spațiu în care se propagă unde sonore caracterizează cîmpul sonor.

În studiile de acustică se distinge mișcarea oscilatorie a particulelor materiale ale mediului elastic, prin care se propagă sunetul și mișcarea undelor sonore ce caracterizează propagarea fenomenului sonor.

O caracteristică de bază a sunetului este viteza sa, notată cu c, exprimată în cm/s și care caracterizează mișcarea oscilatorie a undei acustice, transmisă printr-un mediu elastic.

Considerînd expresia elongației y a mișcării oscilatorii a unei particule materiale M, dintr-un mediu elastic, la distanța x de origine, sub forma $y = A \sin(\omega t + \beta)$, situată pe axa de propagare a oscilației sonore (fig. 6.4) în care mișcarea undei sonore, propagate cu viteza c, este în fază cu oscilația particulei materiale din origine, după timpul t', spațiul parcurs de unda sonoră este:

$$s = c\,t' \quad \text{sau} \quad t' = \frac{s}{c}. \tag{6.4}$$

Luînd $\beta = 0$, elongația punctului M este:

$$y = A \sin(\omega t - \omega t'). \tag{6.5}$$

Deoarece $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $t' = \frac{s}{c}$, $\lambda = c\,T$, expresia elongației rezultă:

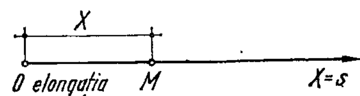


Fig. 6.4. Relația între elongația y și distanța s de propagare a mișcării oscilatorii.

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}\,t - \frac{2\pi}{T}\,\frac{s}{c}\right) =$$

$$= A \sin\left(\omega\,t - \frac{2\pi}{\lambda}\,s\right). \tag{6.6}$$

Făcînd notația $\frac{2\pi}{\lambda} = K$, se obține:

$$y = A \sin(\omega t - Ks). \tag{6.7}$$

Expresiile derivatelor de ordinul 1 și 2 în raport cu t și s sînt:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = A\,\omega \cos(\omega t - Ks)\,;\quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -A\omega^2 \sin(\omega t - Ks) = -\omega^2 y\,; \tag{6.8}$$

$$\frac{\partial y}{\partial s} = -A\,K \cos(\omega\,t - Ks)\,;\quad \frac{\partial^2 y}{\partial s^2} = -AK^2 \cdot \sin(\omega t - Ks) = -K^2 y. \tag{6.9}$$

Folosind relațiile stabilite, se scrie egalitatea expresiilor lui y:

$$-\frac{1}{\omega^2}\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{1}{K^2}\,\frac{\partial^2 y}{\partial s^2}$$

și deci:

$$\frac{1}{\omega^2}\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{1}{K^2}\,\frac{\partial^2 y}{\partial s^2}. \tag{6.10}$$

Înlocuind ω și K, se obține ecuația elongației cîmpului sonor unidirecțional:

$$c^2\,\frac{\partial^2 y}{\partial s^2} = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \tag{6.11}$$

Pe aceeași bază se pot stabili ecuațiile ce caracterizează presiunea, viteza și accelerația undei sonore, care pentru parametrul q se prezintă sub forma:

$$\frac{\partial^2 q}{\partial t^2} = c^2\,\frac{\partial^2 q}{\partial s^2} \tag{6.12}$$

Pentru cazul general al cîmpului sonor spațial, relația ce exprimă propagarea undelor acustice, în atmosferă liniștită, se prezintă sub forma operatorului Laplace, astfel:

$$\frac{1}{c^2}\,\frac{\partial^2 q}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} = \nabla q, \tag{6.13}$$

în care q este expresia potențială de viteză a energiei sonore care poate reprezenta, de exemplu, valoarea instantanee a abaterii presiunii din unda acustică de la valoarea ei de echilibru, q_0;

x, y, z — coordonate spațiale.

În coordonatele sferice, ecuația cîmpului sonor este:

$$\frac{1}{c^2}\,\frac{\partial}{\partial r}\,r^2\,\frac{\partial \varphi}{\partial r} - \frac{1}{c^2}\,\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, \tag{6.14}$$

sau notînd $q = r\varphi$,

$$\frac{\partial^2 q}{\partial r^2} = \frac{1}{c^2}\,\frac{\partial^2 q}{\partial t^2} \tag{6.15}$$

Soluţia ecuaţiei (6.14) este :

$$q = f\left[K\left(t - \frac{r}{c}\right)\right] + g\left[K'\left(t + \frac{r}{c}\right)\right], \quad (6.16)$$

în care f şi g sînt funcţii arbitrare, iar K şi K', constante.

În cazul undelor plane, r = constant, astfel încît expresia undei plane este :

$$\varphi(y, t) = K_0 f\left[K\left(t - \frac{y}{c}\right)\right]. \quad (6.17)$$

6.2.3. VITEZA DE PROPAGARE A UNDEI LONGITUDINALE SONORE ÎNTR-UN MEDIU ELASTIC

În solide, transmisia sunetului poate avea loc ca în elemente asimilate cu corzi, bare, plăci, tuburi.

Se consideră un mediu sub formă de bară (fig. 6.5), de secţiune S, prin care în timpul Δt se deplasează energia sonoră pe distanţa l cu viteza c, prin unde longitudinale. Considerînd mişcarea uniformă a energiei sonore, rezultă :

$$l = ct. \quad (6.18)$$

Particulele materiale din secţiunea AB, supuse oscilaţiei mecanice, se deplasează în acelaşi timp cu viteza u, diferită de viteza c a undei sonore şi ajung în $A'B'$. Comprimarea volumului mediului elastic, datorită presiunii sonore, este dată de expresia :

$$\Delta l = u\Delta t. \quad (6.19)$$

Conform legii lui Hooke aplicată la medii elastice, forţa este dată de produsul $F = S\,\sigma$.

Cunoscînd că $\sigma = E\varepsilon = E\frac{\Delta l}{l} = E\frac{u\Delta t}{c\Delta t} = E\frac{u}{c}$, se obţine :

$$F = SE\frac{u}{c}. \quad (6.20)$$

Expresia forţei sonore poate fi scrisă şi astfel :

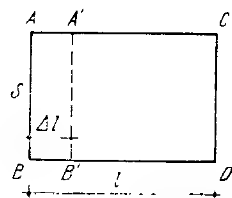


Fig. 6.5. Viteza de propagare a undei sonore longitudinale într-un mediu elastic.

$$F = m\,a = m\frac{u - u_0}{\Delta t} = m\,\frac{\Delta u}{\Delta t}. \quad (6.21)$$

Deoarece $m = Sl\,\rho = Sc\Delta t\rho$, se obţine :

$$F = m\,\frac{\Delta u}{\Delta t} = S\,c\rho u. \quad (6.22)$$

Dacă se egalează expresiile forţelor sonore se obţine :

$$SE\frac{u}{c} = Scu\rho \text{ şi deci : } c^2 = \frac{E}{\rho}. \quad (6.23)$$

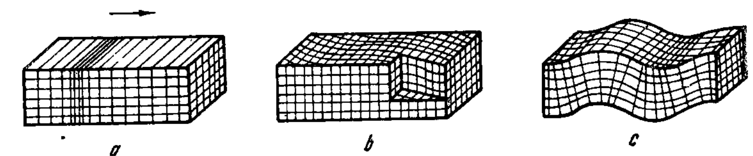


Fig. 6.6. Tipuri de unde sonore în solide : *a* – longitudinale ; *b* – transversale ; *c* – de încovoiere.

Relaţia (6.23), denumită formula lui Newton exprimă viteza sunetului în bară şi se poate scrie sub forma :

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (6.24)$$

în care E este modulul de elasticitate al aerului, în g/cm·s², iar ρ — densitatea aparentă a mediului, în g/cm³.

În mediul solid, considerat izotrop, elastic şi nelimitat, în care apar şi tensiuni tangenţiale şi deci forţe de forfecare, se pot propaga două tipuri de unde elastice : longitudinale şi transversale.

Direcţia de propagare a undei longitudinale (undă de comprimare şi de întindere) coincide cu direcţia mişcării oscilatorii a particulelor mediului (fig. 6.6). Viteza de propagare a undei longitudinale, în mediul considerat nelimitat, este egală cu :

$$c_l = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (6.25)$$

în care : E este modulul lui Young, în daN/cm² ;
μ — coeficientul lui Poisson ;
ρ = v/g, masa unităţii de volum a mediului ;
v — greutatea unităţii de volum a mediului, în daN/cm³ ;
g — acceleraţia gravitaţională, în m/s².

În cazul cînd $f < c_l/4\,h$, h fiind grosimea elementului de construcţie, acesta poate fi reprezentat ca o placă subţire, oscilaţiile antisimetrice se transformă în oscilaţii de încovoiere, iar undele longitudinale şi transversale se transformă în unde de încovoiere. Viteza de propagare a undei de încovoiere în placă este egală cu :

$$c_i = 2{,}5\sqrt[4]{\frac{Df^2}{\rho h}}, \quad (6.26)$$

în care D este rigiditatea cilindrică a plăcii la încovoiere egală cu : $Eh^2/12\,(1-\mu^2)$, iar h — grosimea plăcii.

În aer şi gaze, expresia vitezei sunetului este :

$$c = f\sqrt{\gamma_0\frac{p}{\rho}}, \quad (6.27)$$

în care γ_0 este raportul dintre căldura specifică, la presiune constantă şi volum constant, al mediului de propagare ; la aer $\gamma_0 = 1{,}41$, iar p — presiunea statică, în N/m².

Tabelul 6.1

Mediul prin care se transmite sunetul	Viteza sunetului c, m/s
Aer	340
Apă	1 450
Oțel	5 000
Lemn	1 000...4 000
Cauciuc	50
Zidărie	3 652
Aluminiu	5 104
Sticlă	5 190

Produsul $c\gamma_0$ este rezistența specifică acustică a mediului sau impedanța acustică și prezintă, pentru aer, valoarea 410 N s/m³.

Pentru lichide, expresia vitezei sunetului este :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\beta\rho}}, \qquad (6.28)$$

în care β este coeficientul de compresibilitate a lichidului.

În tabelul 6.1 se prezintă valorile vitezei sunetului prin diferite medii. În probleme de construcții interesează în mod deosebit viteza sunetului în aer și prin solide, ce caracterizează structura elementelor de construcții și instalații. În aer, viteza sunetului variază cu temperatura ($c = 330 \pm 0,6\ \theta$) și cu umiditatea.

Materialele compacte (betonul, oțelul, pămîntul) propagă bine sunetele. Materialele poroase (vata, pîsla, țesăturile) absorb sunetele și se opun la trecerea lor, de aceea se folosesc la izolări acustice. Absorbția sunetelor se explică prin transformarea energiei acustice în căldură.

Între frecvența f, lungimea de undă λ, viteza c și perioada T, ce caracterizează oscilațiile armonice sonore, există relațiile :

$$f = \frac{1}{T}; \quad f = \frac{c}{\lambda}; \quad \lambda = c\,T. \qquad (6.29)$$

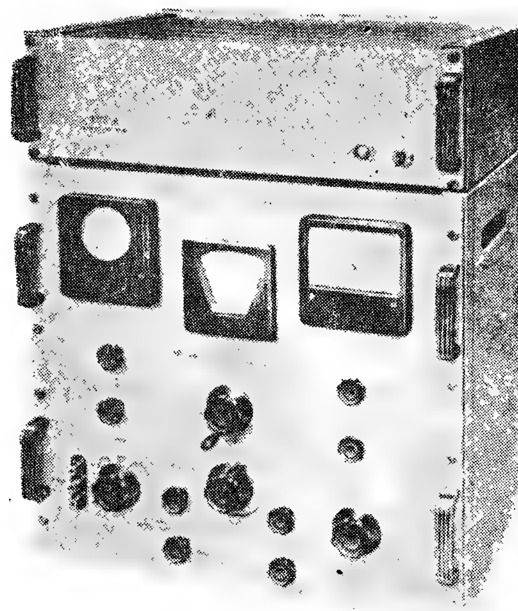


Fig. 6.7. Generator de ton.

Sunetul pur, caracterizat printr-o anumită frecvență și presiune, poate fi obținut cu ajutorul generatorului de ton (fig. 6.7), care trebuie să asigure o eficiență uniformă în banda frecvențelor de lucru cu o abatere de cel mult 1 dB. Pentru măsurători acustice în construcții, se folosesc generatoare, special construite, care emit sunete albe și sunete vobulate.

6.2.4. CARACTERISTICILE DE PRESIUNE, INTENSITATE ȘI ABSORBȚIE A SUNETELOR

6.2.4.1. **Presiunea și intensitatea sonoră.** Mișcarea oscilatorie a particulelor materiale și deci mișcarea undelor sonore este influențată de presiunea exercitată asupra mediului elastic.

Presiunea sonoră p exercitată de o sursă sonoră asupra mediului înconjurător este dată de raportul $p = F/S$, în care F este forța exercitată asupra aerului și S—mărimea suprafeței pe care acționează. Cu cît presiunea este mai mare, cu atît amplitudinea oscilației sonore este mai mare și deci sunetul emis este mai tare.

Presiunea sonoră pe unitatea de suprafață poate fi obținută cu relația :

$$p = \sigma = E\,\varepsilon = E\frac{u}{c}. \qquad (6.30)$$

Considerînd $E = c^2\rho$, pentru solide, se obține :

$$p = \rho c u \text{ și deci : } p_{max} = \rho c u_{max}. \qquad (6.31)$$

Pentru măsurarea presiunii sonore se folosește unitatea de presiune sonoră, denumită *bar*, ce este definit astfel :

$$1\text{N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bari sau } 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

De exemplu, șoapta creează în aer la distanța de 1m o presiune de 0,01 bari, strigătul 10 bari și un motor de avion 200 bari.

Considerînd presiunea statică a aerului liniștit, p_s sub acțiunea oscilației sonore, presiunea aerului variază între limitele p_{max} și p_{min} (fig. 6.8). Pragul minim al presiunii aerului pentru a avea loc senzația auditivă este :

$$p_{min} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ bari} = 2 \cdot 10^{-5}\text{N/m}^2, \qquad (6.32)$$

iar pragul maxim este :

$$p_{max} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ bari} = 2 \cdot 10^{1}\text{ N/m}^2. \qquad (6.33)$$

Tăria sunetului este în funcție de nivelul său energetic și poate fi exprimată prin intensitatea sonoră I, care definește fluxul de energie sonoră Φ, ce trece într-o secundă printr-o suprafață de 1 m², perpendiculară pe direcția de propagare a undei sonore :

$$I = \frac{\Phi}{S}\ [\text{W/m}^2]. \qquad (6.34)$$

Fluxul sonor este energia sonoră în unitatea de timp :

$$\Phi = \frac{W}{t}\ [\text{ergi/s}]. \qquad (6.35)$$

În cazul undei sferice, valoarea fluxului de energie sonoră, Φ, în W, la distanța r, este :

$$\Phi = 4\pi r^2 I_r \text{ și deci : } I_r = \frac{\Phi}{4\pi r^2}. \qquad (6.36)$$

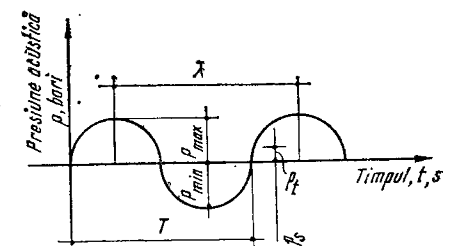


Fig. 6.8. Variația presiunii aerului p_t, în raport cu presiunea statică, p_s.

Intensitatea sonoră poate fi definită şi ca produsul dintre energia acustică W şi viteza sunetului c :

$$I = W c = \frac{1}{2} m u_{max}^2 c = \frac{1}{2} \rho u_{max}^2 c = \frac{1}{2} \rho c \frac{p_{max}^2}{\rho^2 c^2} = \frac{p_{max}^2}{2 \rho c}. \tag{6.37}$$

În cazul unor unde progresive, plane sau sferice, avînd viteza de propagare c, într-un mediu cu densitatea aparentă ρ, într-un punct în care presiunea acustică efectivă este p_{ef}, în N/m², intensitatea acustică I, în W/m², este dată de relaţia :

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho c}, \text{ considerînd } p_{ef} = \frac{p_{max}}{\sqrt{2}}. \tag{6.38}$$

Practic, intensitatea sonoră a sunetelor se exprimă prin raportarea la o intensitate de referinţă. Se foloseşte astfel nivelul de intensitate sonoră L_i, ca noţiune prin care se defineşte intensitatea sonoră I a unui sunet prin comparaţie cu intensitatea de referinţă I_{min}. Ca intensitate sonoră de referinţă se consideră pragul inferior al intensităţii auditive, la frecvenţa de 1 000 Hz :

$$I_{min} = 10^{-12} \quad [\text{W/m}^2]. \tag{6.39}$$

Considerînd că pragul superior al intensităţii auditive la frecvenţa de 1 000 Hz prezintă valoarea : $I_{max} = 1$ W/m², raportul I_{max}/I_{min} rezultă :

$$1/10^{-12} = 10^{12}. \tag{6.40}$$

Se observă că unitatea de măsură absolută pentru intensitatea sonoră în domeniul de presiuni admisibile pentru urechea omenească rezultă prea mare şi de aceea se adoptă o unitate de măsură relativă bazată pe legea lui W e b e r-F l e t c h e r, după care senzaţia se găseşte în raport logaritmic cu excitaţia. Pentru a se reduce scara domeniului de măsură, s-a introdus unitatea de măsură logaritmică, în baza 10, a nivelului de intensitate sonoră, denumită *bel*, definită de relaţia :

$$I_i = \lg \frac{I}{I_{min}}, \tag{6.41}$$

în care I reprezintă intensitatea sonoră a sunetului măsurat, care este de 10 ori mai mare decît intensitatea de referinţă, I_o, $I/I_o = 10$ sau $\lg\ I/I_o = 1$ bel.

Sunetul imediat superior ce poate fi perceput de om, faţă de I_o, este $I_1 = 1{,}26\ I_o$ cu nivelul sonor $L_i = \lg 1{,}26 = 0{,}1$ B $= 1$ dB (decibel), ce reprezintă submultiplul belului şi care s-a adoptat ca unitate curentă de măsură a nivelului sonor.

Măsurarea nivelului de intensitate sonoră a unui sunet se face cu decibelmetrul sau voltmetrul electronic (fig. 6.9), prin transformarea oscilaţiei acustice într-o oscilaţie electrică.

În mod analog se defineşte nivelul de presiune sonoră L_p, cu ajutorul relaţiei :

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_o^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \tag{6.42}$$

în care p şi p_o sînt presiunea acustică a sunetului considerat şi respectiv presiunea sonoră de referinţă, corespunzătoare sunetului celui mai slab ce poate fi perceput, în banda de 1 000 Hz :

$$p_o = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{N/m}^2. \tag{6.43}$$

Fig. 6.9. Milivoltmetru electronic digital pentru măsurarea nivelului de intensitate sonoră.

6.2.4.2. **Înălţimea sunetului.** Înălţimea sunetului reprezintă acea caracteristică a senzaţiei auditive, pe baza căreia sunetele pot fi ordonate în sunete joase (grave), mijlocii şi înalte (ascuţite), în funcţie de frecvenţă.

Senzaţia datorită înălţimii sunetului variază aproximativ cu logaritmul frecvenţei. Din această cauză s-a adoptat ca scară grafică de reprezentare a înălţimii sunetelor, logaritmul în baza 2 a raportului frecvenţelor. În acest mod, intervalul de înălţime între două sunete de frecvenţe, f_1 şi f_2, depinde de raportul f_2/f_1 şi nu de diferenţa $f_2 - f_1$.

Sunetele pure, cu frecvenţele aflate în acelaşi raport, apar situate la interval de înălţime egal.

În natură nu se întîlnesc sunete pure. Practic intervin sunete complexe care conţin mai multe sunete pure sau armonice. Instrumentele muzicale nu dau sunete pure ci sunete compuse.

Un ton compus este alcătuit din suprapunerea mai multor tonuri simple care nu sînt în rezonanţă, adică nu au aceeaşi frecvenţă.

Sunetul muzical constă dintr-un sunet fundamental şi un număr de armonice Intervalul fundamental utilizat pentru scara frecvenţelor este octava. Numărul de octave n, care separă două sunete de frecvenţe f_1 şi f_2, rezultă din expresia :

$$n = \log_2 \frac{f_2}{f_1}. \tag{6.44}$$

În mod practic, pentru măsurătorile acustice se folosesc intervalele 1, 1/2, 1/3 şi 1/4 octavă. Se observă că pentru $f_2/f_1 = 2$, intervalul este de o octavă, deoarece $\log_2 2 = 1$. Octava se defineşte deci ca intervalul dintre două frecvenţe între care există raportul 2 :1.

Determinarea armonicilor simple ce intră în compoziţia unui sunet complex constituie analiza sunetului sau determinarea spectrului său. Reprezentarea grafică a nivelului intensităţii sonore a unui sunet compus, în funcţie de frecvenţă defineşte spectrograma sa (fig. 6.10).

Analizată pe un ecran osciloscopic sau prin înregistrare la un oscilograf, se obţine oscilograma sunetului. Pentru analiza componentelor unui sunet se

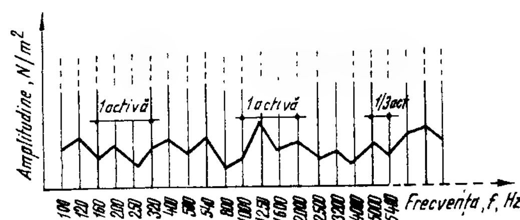


Fig. 6.10. Scala obişnuită de reprezentare grafică a frecvenţelor utilizînd ca unitate de măsură intervalul de 1/3 octavă.

folosesc analizoare de sunet, spectrometre de audiofrecvenţă şi filtre de frecvenţă de 1/3, 1/2 sau 1 octavă (fig. 6.11).

6.2.4.3. **Absorbţia energiei sonore.** Dacă o undă sonoră întîlneşte un obstacol, au loc modificări ale direcţiei de propagare şi ale caracteristicilor energetice. Astfel, o parte din energia incidentă se reflectă după legi similare undelor luminoase (fig. 6.12), altă parte din energie se propagă mai departe, pe direcţia razei refractate, transformîndu-se parţial în căldură datorită frecărilor interioare dintre particulele de aer şi pereţii porilor materialelor. Cantitatea de energie netransformată în căldură străbate obstacolul şi iese pe faţa opusă a acestuia sub formă de energie transmisă.

Coeficientul de reflexie sonoră, α_r, al unei suprafeţe este raportul dintre intensitatea sonoră reflectată I_r şi intensitatea sonoră incidentă I_i, conform relaţiei :

$$\alpha_r = \frac{I_r}{I_i}. \tag{6.45}$$

Coeficientul de transmisie sonoră, α_{tr}, al unui element, pentru un sunet de frecvenţă dată, este raportul dintre intensitatea sonoră transmisă I_{tr} prin element şi intensitatea sonoră incidentă I_i primită de elementul considerat, exprimat astfel :

$$\alpha_{tr} = \frac{I_{tr}}{I_i}. \tag{6.46}$$

Coeficientul de absorbţie sonoră, α_a, al unui element, pentru un sunet de frecvenţă dată, este raportul dintre intensitatea sonoră absorbită I_a de element

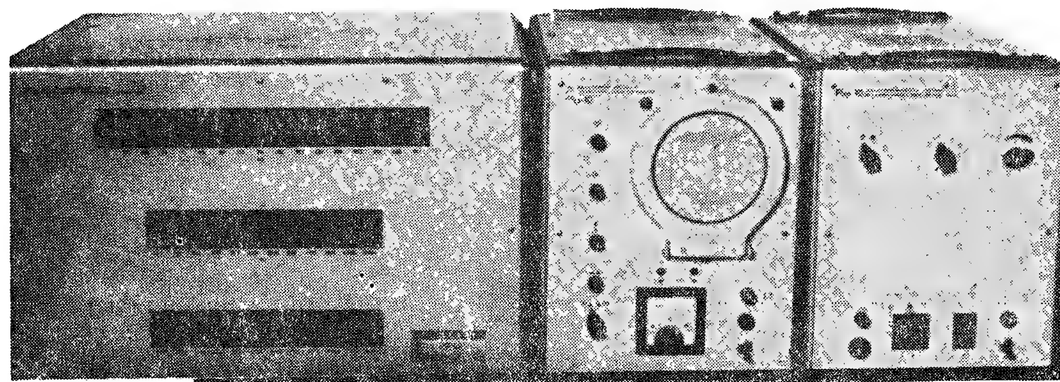


Fig. 6.11. Spectrometrul de audiofrecvenţă.

şi intensitatea incidentă I_i, conform expresiei :

$$\alpha_a = \frac{I_a}{I_i}. \tag{6.47}$$

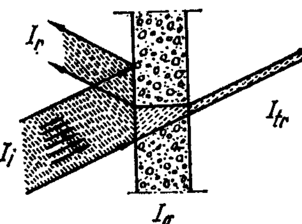


Fig. 6.12. Reflexia, absorbţia şi transmisia sunetelor prin elemente de construcţie.

Aplicînd principiul conservării energiei, între coeficienţii α_r, α_{tr} şi α_a, există relaţia :

$$\alpha_r + \alpha_{tr} + \alpha_a = 1. \tag{6.48}$$

În elementele curente de construcţii, energia sonoră ce trece prin obstacol este atenuată de mii de ori, adică α_{tr} este mai mic de 0,001. Coeficienţii α_r şi α_a se exprimă pentru unele materiale în zecimi de unităţi şi deci sînt mult mai mari decît α_{tr}. Din această cauză, în studiile privind fenomenele de absorbţie şi reflexie a sunetelor în interiorul încăperilor se pot neglija fracţiunile de energie sonoră care au trecut prin obstacol şi care s-au pierdut ireversibil în interiorul încăperii, considerînd cu aproximaţie :

$$\alpha_a + \alpha_r \cong 1. \tag{6.49}$$

Determinarea experimentală a coeficientului de absorbţie acustică se poate realiza cu ajutorul tubului acustic, pe probe de dimensiuni mici sau în camera reverberantă, pe probe de materiale pînă la 10 m², prin măsurarea absorbţiei încăperii, cu şi fără material fonoabsorbant şi determinarea valorilor duratelor de reverberaţie în cele două situaţii, cu relaţia stabilită de Sabine :

$$T = 0{,}161\frac{V}{A} = 0{,}161\frac{V}{\Sigma \alpha_{ai} S i}, \tag{6.50}$$

în care T este durata de reverberaţie, definită prin timpul necesar ca energia emisă într-o încăpere să scadă la a milioana parte din valoarea iniţială (cu 60 dB), după încetarea sursei, în s ;
V — volumul încăperii, în m³ ;
A — absorbţia acustică, înainte şi după aplicarea materialului absorbant, în m².

Materialele poroase au proprietatea de a absorbi sunetele ; astfel, pîsla, vata minerală, tencuiala poroasă au coeficientul de absorbţie acustică cuprins între 0,2 şi 0,8, ceea ce arată că absorb bine sunetele, în domeniul frecvenţelor înalte. Materialele de construcţie compacte, cum sînt cărămida, betonul, metalele şi lemnul, reflectă aproape complet sunetele, coeficientul de absorbţie acustică al acestor materiale fiind cuprins între 0,02 şi 0,08. Capacitatea de absorbţie a sunetelor de către materialele poroase depinde de frecvenţă, aşa cum rezultă din datele prezentate în tabelul 6.2.

La materialele poroase uşoare, coeficientul de absorbţie sonoră creşte cu frecvenţa sunetului. Materialele grele absorb mai bine sunetele din domeniul de joasă frecvenţă.

Ca unitate de absorbţie acustică (unitate absolută) se consideră capacitatea de absorbţie a unui m² de fereastră deschisă, denumită Sabine şi exprimată în m² (unităţi de absorbţie).

Tabelul 6.

Materialul	Coeficienţii de absorbţie, α_a, m^2, pentru frecvenţa, în Hz					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Lînă minerală de 10 cm grosime	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,79
Vată de sticlă afînată de 6 cm grosime	0,09	0,39	0,61	0,74	0,83	0,87
Pîslă moale de 1,2 cm grosime	0,02	0,04	0,10	0,21	0,57	0,92
Covor de 5 cm grosime	0,04	—	0,50	—	0,52	—
Draperie de catifea (0,6 daN/m²), montată la 10 cm distanţă de perete	0,06	0,27	0,44	0,50	0,40	0,35
Parchet din esenţă tare, 18 mm grosime, montat în asfalt	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Placaj de 3 mm grosime montat la 5 cm distanţă de perete	0,11	0,21	0,10	0,05	0,03	0,02
Panouri policilindrice din placaj de 6 mm grosime	0,28	0,26	0,15	0,11	0,09	0,06
Geamuri montate în ferestre	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Beton vopsit în vopsea de ulei	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Tencuială netedă	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Tencuială izolantă acustic, de 10 mm grosime	—	0,03	0,07	0,11	0,20	0,31
Linoleum de 6 mm grosime, montat pe beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Absorbţia publicului, 1 persoană pe m²	0,17	0,36	0,47	0,52	0,50	0,46
Absorbţia unui scaun din placaj	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
Absorbţia unui fotoliu capitonat	0,11	0,18	0,28	0,35	0,15	0,42

Absorbţia acustică totală, în m², a suprafeţei S, caracterizată prin coeficientul de absorbţie α_a, se poate estima cu relaţia :

$$A = \alpha_a S. \tag{6.51}$$

Coeficientul de transmisie acustică $\alpha_{tr} = \tau$, în funcţie de intensitatea sonoră, se exprimă cu relaţia :

$$\tau = \alpha_{tr} = \frac{I_{tr}}{I_i}. \tag{6.52}$$

Se poate defini, astfel, gradul de reducţie sonoră al unui element de construcţie pe baza relaţiei :

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{I_i}{I_{tr}}. \tag{6.53}$$

Reflexia şi absorbţia sunetelor într-o încăpere condiţionează caracteristicile acustice ale încăperii şi nivelul sunetului în spaţiile învecinate.

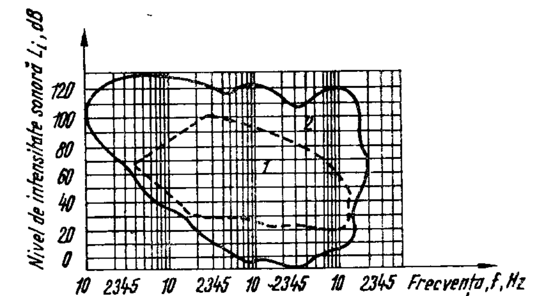


Fig. 6.13. Domeniul sunetelor audibile : 1 — general ; 2 — muzical.

6.2.5. SUNETUL CA FENOMEN FIZIOLOGIC

Sunetul fiziologic caracterizează senzaţia auditivă şi se produce pentru vibraţii avînd frecvenţa între 16 şi 20 000 Hz, interval ce defineşte domeniul de audibilitate (fig. 6.13) şi cuprinde sunetele pentru care urechea omenească este sensibilă la vibraţii mecanice. Vibraţiile cu frecvenţa mai mică de 16 Hz alcătuiesc domeniul sub limita audibilităţii şi se numesc *infrasunete*, iar cele cu frecvenţa mai mare de 20 000 Hz, alcătuiesc domeniul peste limita audibilităţii şi se numesc *ultrasunete*.

Scara înălţimilor sunetelor, care exprimă aspectul fiziologic al frecvenţei, permite ordonarea sunetelor în trei categorii :

— sunete grave, cu frecvenţa 20...200 Hz ;

— sunete medii, cu frecvenţa 200...2 000 Hz ;

— sunete înalte, cu frecvenţa 2 000...20 000 Hz.

Pentru ca un sunet să poată fi perceput, aşa cum s-a subliniat, este necesar ca intensitatea sa sonoră să aibă o anumită valoare minimă ce depinde de frecvenţa sunetelor şi de sensibilitatea urechii. Convenţional, ca limită inferioară a sunetului perceptibil, se ia sunetul cu frecvenţa 1 000 Hz şi presiunea sonoră $2 \cdot 10^{-5}$ N/m² sau 10^{-12} W/m². Această limită inferioară se numeşte *prag de audibilitate*, caracterizat prin valoarea presiunii acustice minime, pentru o frecvenţă dată, care produce o senzaţie auditivă percepută de un ascultător, otologic normal. La sunete cu frecvenţa mai mică şi mai mare de 1 000 Hz, pragul de audibilitate creşte, adică la sunete grave este necesară o intensitate sonoră mai mare, pentru ca sunetul să poată fi perceput. Sensibilitatea maximă a urechii corespunde sunetelor cu frecvenţa între 2 000 şi 5 000 Hz.

Sunetele foarte puternice produc senzaţia de apăsare asupra timpanului şi se transformă în durere, fenomen ce are loc pentru cele a căror presiune este de 2.10^1 N/m², la frecvenţa de 1 000 Hz. Limita superioară a audibilităţii sunetelor determină pragul senzaţiei dureroase şi se defineşte prin valoarea presiunii acustice, pentru o frecvenţă dată, care produce unui ascultător otologic normal o senzaţie de durere.

Sensibilitatea urechii omeneşti variază cu frecvenţa, în sensul că sensibilitatea este maximă pentru frecvenţe apropiate de 1 000 Hz. În figura 6.14 se prezintă curbele Fletcher-Munson, de egal nivel de tărie sonoră (izosonice), pentru sunete percepute de un ascultător cu ureche normală.

Mărimile sonore prin care se exprimă cantitativ senzaţiile auditive se numesc mărimi auditive şi se referă la :

— intensitatea auditivă, I_a, ce caracterizează energetic tăria sunetului perceput de urechea omenească ;

— nivelul de intensitate auditivă, L_a, care este de 10 ori logaritmul în baza 10 al raportului dintre intensitatea auditivă I_a a unui sunet şi intensitatea

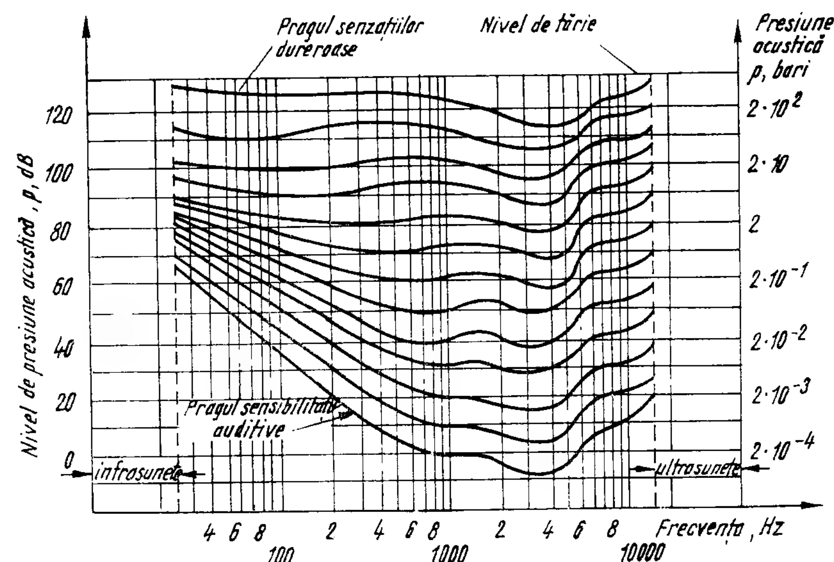


Fig. 6.14. Curbele nivelelor de egală tărie sonoră stabilite de Fletcher şi Munson.

auditivă de referinţă I_a^0, conform expresiei:

$$L_a = 10 \lg \frac{I_a}{I_a^0} = 20 \lg \frac{p_a}{p_a^0} \tag{6.54}$$

în care:

$$p_a^0 = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{N/m}^2.$$

Unitatea de măsură a nivelului de intensitate auditivă este *fonul* care prezintă nivelul de tărie a sunetului etalon cu frecvenţa de 1 000 Hz a cărui presiune acustică este egală cu presiunea de prag, $p_a^0 = 2 \cdot 10^{-5}\text{N/m}^2$. Pentru sunetele cu frecvenţă de 1 000 Hz, valoarea nivelului intensităţii sonore, exprimată în dB, şi aceea a intensităţii auditive, exprimată în foni, sînt egale, avînd acelaşi nivel de referinţă, şi anume intensitatea sonoră de 10^{-16} W/cm².

Folosirea unei scări logaritmice în aprecierea intensităţii auditive a sunetelor se explică prin aceea că intensitatea acustică sau presiunea acustică cresc ca numerele 1, 10, 100, 1 000, 10 000, iar intensitatea fiziologică corespunzătoare creşte cu logaritmul intensităţii acustice, adică cu numerele 0, 1, 2, 3, 4, 5,... Măsurarea nivelului de intensitate auditivă a sunetelor se face cu fonometrul (fig. 6.15), iar înregistrarea nivelului de intensitate a lor, cu ajutorul înregistratorului rapid de nivel sau hipsografului (fig. 6.16).

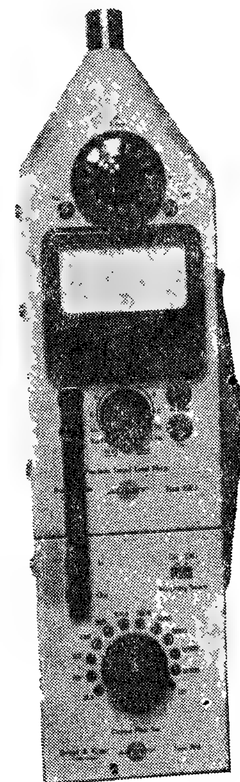


Fig. 6.15. Fonometrul Brüel şi Kjaer.

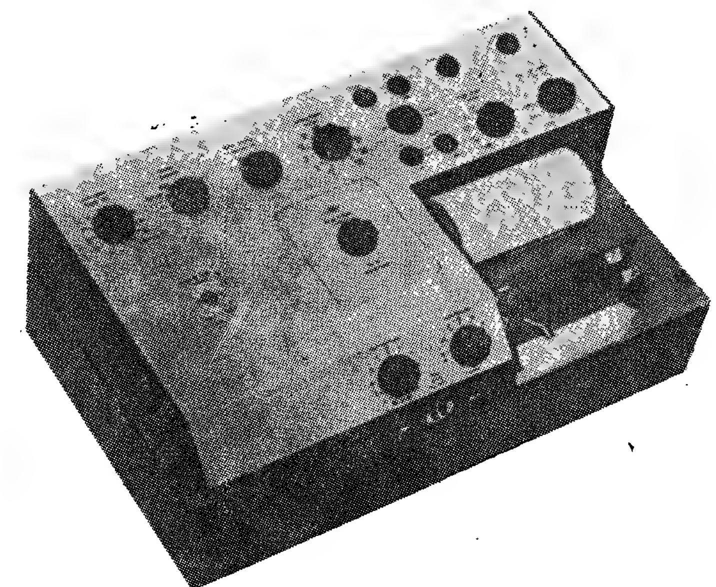


Fig. 6.16. Înregistrator rapid de nivel (hipsograf).

6.3. ZGOMOTUL EXTERIOR. CRITERIUL DE ZGOMOT

S-a arătat că zgomotul acţionează perturbator asupra sistemului nervos; viaţa omului poate fi grav tulburată de sunetele care depăşesc limita de intensitate admisibilă pentru organism ca şi de liniştea pură, care se obţine într-o cameră insonorizată, surdă. Zgomotul însoţeşte pretutindeni omul. Întreaga viaţă se desfăşoară cu un zgomot de fond necesar, cu care omul s-a obişnuit ş la care s-a adaptat, fiind determinat atît de zgomotele naturale, cît şi de zgomote artificiale. Zgomotele artificiale sînt în continuă dezvoltare datorită industriei, urbanizării şi gradului de civilizaţie. Aspectele nocive ale zgomotului încep să se manifeste pentru valori ale nivelului de intensitate auditivă mai mari de 80 foni. Caracteristicile zgomotului, care-l definesc sub aspectul nocivităţii, sînt: intensitatea, frecvenţa şi durata expunerii la zgomot. Traumatismul sonor este produs şi de puritatea unor sunete (cele complexe sînt mai puţin periculoase), de caracterul lor continuu sau discontinuu, de salturile de nivel ale zgomotelor faţă de valorile de fond ale intensităţii acestuia.

Măsurile constructive privind asigurarea confortului acustic şi păstrarea nivelului acustic în limite acceptabile din punct de vedere biologic definesc măsurile de izolări fonice. Zgomotul poate fi transmis prin aer (zgomot aerian), prin vibraţia construcţiilor şi instalaţiilor (zgomot structural) sau mixt.

Zgomotul aerian poate acționa la exteriorul sau interiorul încăperilor. Zgomotele exterioare sînt produse de circulația pietonilor și vehiculelor, de funcționarea mecanismelor și a instalațiilor.

Pentru aprecieri comparative ale nivelului intensității zgomotelor exterioare, L_{ext}, se prezintă valorile ce caracterizează nivelul de tărie al acestora în diferite condiții practice :

— turboreactoare	170 foni
— sirene	150 foni
— pragul senzației dureroase	130 foni
— motor de avion cu 1600 ture/min, la 5 m distanță	120 foni
— tren expres în viteză mare	110 foni
— motocicletă fără tobă de eșapament	100 foni
— stradă cu circulație intensă, metrou	90 foni
— birou de copiat acte cu mașini de dactilografiat, zgomot de tramvai	70 foni
— stradă cu circulație mijlocie, megafon	60 foni
— restaurant cu animație mijlocie	50 foni
— emisiune de muzică ușoară în locuință	40 foni
— stradă liniștită cu locuințe	30 foni
— șoaptă la distanță de 1 m	20 foni
— foșnetul frunzelor	10 foni
— liniște absolută, pragul senzației auditive	0 foni

Nivelul de zgomot ce se ia în considerare, în cazul cînd acțiunea sonoră prezintă variații de intensitate în timp, se apreciază printr-o valoare echivalentă, L_{ech} [46], exprimată prin relația :

$$L_{ex} = L_{ech} = \frac{q}{3} \lg \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} t_i \, 10^{\frac{0,3L_i t_i}{q}} \right], \quad (6.55)$$

în care : L_i este nivelul de zgomot în timpul t_i, în dB ;

t_i — timpul în care zgomotul păstrează un anumit nivel, în s ;

$T = \sum_{i=1}^{n} t_i$ — timpul total de acțiune a zgomotului în s ;

$q = 4$ pentru zgomotele curente din construcții și trafic de străzi și $q = 3$ pentru orice alt zgomot.

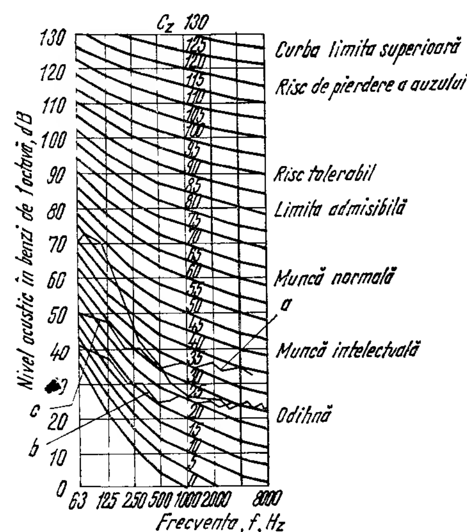


Fig. 6.17. Curbele limită privind criteriile de evaluare ale nivelului de zgomot, C_z, conform normelor internaționale :
a — zgomot analizat; *b* — zgomot de fond; *c* — zgomot perturbator (curba *b* + 10 dB).

În figura 6.17 se prezintă după normele ISO familia de curbe limită privind evaluarea și normarea zgomotului. Aceste curbe prezintă valorile admisibile ale nivelului de zgomot și permit stabilirea criteriului de nivel al unui anumit zgomot analizat. Astfel, curba C_{30}, corespunzătoare frecvenței de 1 000 Hz definește

criteriul de zgomot, respectiv valoarea limită pentru odihnă ; curba C_{50} stabilește criteriul de zgomot pentru munca intelectuală ; curba C_{70} definește limita nivelului de zgomot pentru munca normală de birou ; curba C_{85} definește criteriul limită de zgomot admisibil în industrie ; curba C_{95} reprezintă criteriul de zgomot cu risc tolerabil ; curba C_{115} caracterizează riscul de pierdere a auzului, iar curba C_{130} caracterizează limita superioară a audibilității. Criteriul de evaluare al unui anumit zgomot corespunde curbei de valoare maximă intersectată cu diagrama zgomotului analizat, astfel încît în nici un punct curba zgomotului analizat să nu o depășească cu mai mult de 2 dB. De exemplu, curba C_{50} reprezintă criteriul unui zgomot analizat, cazul curbei *A* din figura 6.17. Acțiunea unui zgomot perceput de ocupanții unei încăperi se consideră neperturbatoare dacă nivelul său mediu nu depășește cu 10 dB nivelul zgomotului de fond (curbele *b* și respectiv *c*).

Pentru protecția împotriva zgomotelor exterioare se pot lua următoarele măsuri :

— zonificarea orașelor pe funcțiuni, creîndu-se zonele : industrială (zgomotoasă), administrativă, comercială, de locuit, avînd amplasamente diferite, analizate sub incidența acțiunii nocive a zgomotului ;

— măsuri de atenuare a zgomotului la surse ;

— amplasarea zonelor de locuințe retrase față de arterele de circulație intensă ;

— întreținerea corespunzătoare a drumurilor carosabile și a mijloacelor de transport în comun ;

— limitatera zgomotelor pe străzi prin legi și regulamente ;

— realizarea de zone verzi între zonele de locuit și zonele zgomotoase și respectarea unor distanțe minime între zonele rezidențiale și zonele industriale.

La fixarea distanțelor dintre cartierele de locuit și cartierele zgomotoase, se are în vedere atenuarea zgomotelor datorită frecărilor în aer. Atenuarea zgomotelor în aer scade cu logaritmul distanței față de sursa de zgomot, în cazul unei surse punctiforme, conform relației :

$$L_a = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P}{4\pi d^2 I_0} = 10 \lg \frac{P}{4\pi I_0} - 20 \lg d = L_{ex} - 20 \lg d, \quad (6.56)$$

în care P este puterea sursei sonore, în N/m² ;

I_0 — intensitatea sonoră, în N/m² ;

L_a — nivelul zgomotului atenuat, în dB ;

L_{ex} — nivelul zgomotului la sursă, în dB ;

d — distanța la care se consideră atenuarea zgomotului față de sursă (fig. 6.18), în m.

Practic, intensitatea sonoră a zgomotului scade cu circa 6 dB la fiecare dublare a distanței, $L = 20 \lg 2 = 6$ dB. Protecția acustică la acțiunea zgomotului exterior este asigurată dacă :

$$L_a < L_{ad}. \quad (6.57)$$

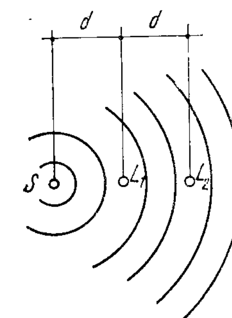


Fig. 6.18. Scăderea nivelului sonor în aer liber, în funcție de distanță.

Dacă între sursele de zgomot exterior și clădire sînt prevăzuți arbori inalți cu coroană bogată și frunze late, se poate considera și atenuarea zgomotului datorită

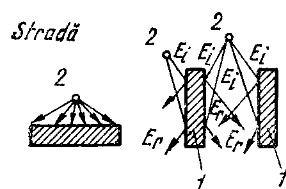


Fig. 6.19. Diverse poziții de amplasare a clădirilor de locuit față de sursa sonoră :

1 – clădire de locuit; 2 – sursă sonoră.

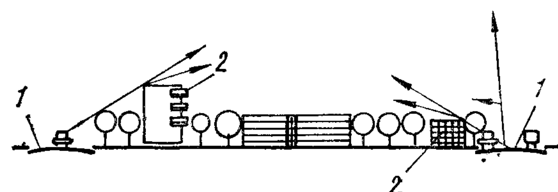


Fig. 6.20. Repartizarea clădirilor ecran într-un ansamblu de locuințe :

1 – stradă zgomotoasă; 2 – clădire ecran.

absorbției plantațiilor, evaluîndu-se la 6...10 dB, cu valoarea maximă în zona frecvențelor înalte.

Protecția acustică a clădirilor este influențată de soluția de plan, care implică amplasarea încăperilor cu cerințe ridicate de confort spre curți interioare și parcuri, soluții constructive eficiente acustic, măsuri de izolare a instalațiilor din clădiri și finisaje absorbante acustic.

În cadrul măsurilor generale urbanistice, pentru reducerea și combaterea zgomotului aerian exterior, trebuie să se ia în considerare clima, relieful, apele, vegetația, orientarea, amplasarea și distanțele dintre clădiri, caracteristicile de construcție și de circulație ale străzilor, regimul de construcție. Vîntul influențează transmisia zgomotului în direcția sa, aducînd o creștere de 10...20 dB. Umiditatea mărită a atmosferei micșorează distanța de propagare și atenuează intensitatea zgomotului.

Nivelul sonor mediu obișnuit, ce caracterizează o anumită zonă a unui oraș constituie nivelul acustic de fond și are valoarea 35...50 dB.

Nivelul sonor mediu, la cele mai importante artere de circulație din cuprinsul orașelor, se evaluează la 65...75 dB, iar zgomotul provenit din transportul pe străzi și care pătrunde în camerele clădirilor de locuit poate ajunge în unele cazuri la 70...80 dB. Nivelul sonor al zgomotului produs de trenuri poate trece de 100 dB, iar frecvențele lui înalte îl fac extrem de greu de suportat. Zgomotul produs de avioane turboreactoare și supersonice depășește cu mult pragul superior de audibilitate, prezentînd valori ale nivelului de intensitate sonoră între 130 și 170 dB.

Repartizarea energiei sonore depinde de tipul străzilor. La străzi de tip culoar energia sonoră incidentă este reflectată și deci amplificată de clădiri, ceea ce conduce la creșterea nivelului de intensitate sonoră a zgomotului exterior.

Distribuția în spațiu a zgomotului depinde și de orientarea clădirilor față de fluxurile de circulație (fig. 6.19), longitudinală sau transversală. Unele clădiri pot asigura rolul de ecran pentru micșorarea transmisiei sonore în ansamblul de locuit (fig. 6.20).

6.4. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTE AERIENE INTERIOARE

Zgomotele exterioare pătrund în interiorul clădirilor și afectează confortul acustic al încăperilor. În clădiri, zgomotul provine și datorită diferitelor surse interioare legate de destinația și funcționalitatea acestora. Zgomotele interioare se pot propaga prin următoarele căi :

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție aeriană (zgomot aerian, fig. 6.21);

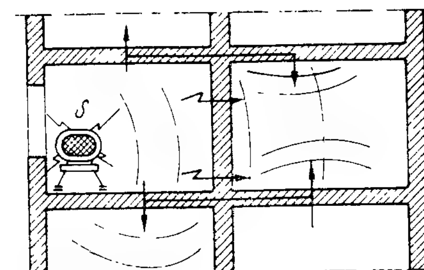


Fig. 6.21. Transmisia zgomotului aerian în clădiri.

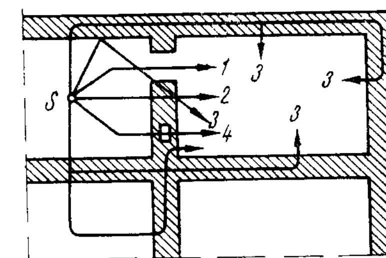


Fig. 6.22. Transmisia zgomotului în clădiri :

1 – transmisie prin deschideri (uși, ferestre); 2 – transmisie prin pereți; 3 – transmisie indirectă; 4 – transmisie prin conducție.

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducție solidă (zgomote structurale, fig. 6.22) și prin conducție aeriană.

Sursele interioare de zgomot pot fi : oamenii, instrumentele muzicale, aparatele de radio, mecanismele diverselor instalații tehnice ale clădirilor în timpul funcționării lor.

Zgomotele se pot clasifica după poziția sursei și după modul de transmitere.

După poziția pe care o ocupă sursa față de încăperi, zgomotele pot fi :

– interioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în interiorul clădirii;

– exterioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în exteriorul clădirii.

După modul de transmitere, zgomotele pot fi :

– propagate prin aer (zgomote aeriene);

– produse prin șoc (zgomote de impact);

– produse de funcționarea utilajelor și instalațiilor.

Pentru a micșora acțiunea zgomotelor asupra încăperilor și a clădirilor, în general, cele mai economice măsuri constau în amortizarea la sursă a acestora și amplasarea corespunzătoare a zonelor rezidențiale față de sursele de zgomot. Valorile admisibile ale nivelului zgomotului exterior se prezintă în tabelul 6.3.

Asigurarea confortului acustic implică o anumită capacitate de atenuare a pereților exteriori, interiori și a planșeelor la acțiunea zgomotului aerian exterior și interior.

La dimensionarea elementelor de construcție (pereți exteriori, interiori și planșee) la acțiunea zgomotului aerian (fig. 6.23), trebuie asigurată inegalitatea :

$$D_{ef} > D_{nec}, \tag{6.58}$$

în care D_{ef} este gradul de izolare acustică efectiv al elementului de construcție, în foni sau dB;

D_{nec} – gradul de izolare acustică necesar al elementului de construcție, în foni sau dB.

Gradul de izolare acustică, necesar la zgomot aerian, se calculează cu expresia :

$$D_{nec} = L_{ex} - L_{ad}[\mathrm{dB}], \tag{6.59}$$

sau

$$D_{nec} = L_{in} - L_{ad}[\mathrm{dB}],$$

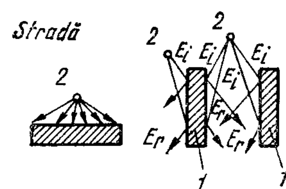


Fig. 6.19. Diverse poziţii de amplasare a clădirilor de locuit faţă de sursa sonoră :

1 – clădire de locuit; 2 – sursă sonoră.

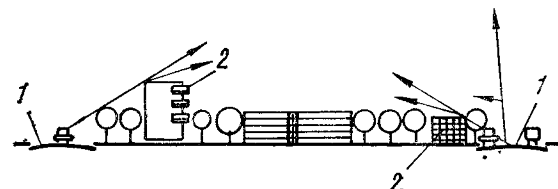


Fig. 6.20. Repartizarea clădirilor ecran într-un ansamblu de locuinţe :

1 – stradă zgomotoasă; 2 – clădire ecran.

absorbţiei plantaţiilor, evaluîndu-se la 6...10 dB, cu valoarea maximă în zona frecvenţelor înalte.

Protecţia acustică a clădirilor este influenţată de soluţia de plan, care implică amplasarea încăperilor cu cerinţe ridicate de confort spre curţi interioare şi parcuri, soluţii constructive eficiente acustic, măsuri de izolare a instalaţiilor din clădiri şi finisaje absorbante acustic.

În cadrul măsurilor generale urbanistice, pentru reducerea şi combaterea zgomotului aerian exterior, trebuie să se ia în considerare clima, relieful, apele, vegetaţia, orientarea, amplasarea şi distanţele dintre clădiri, caracteristicile de construcţie şi de circulaţie ale străzilor, regimul de construcţie. Vîntul influenţează transmisia zgomotului în direcţia sa, aducînd o creştere de 10...20 dB. Umiditatea mărită a atmosferei micşorează distanţa de propagare şi atenuează intensitatea zgomotului.

Nivelul sonor mediu obişnuit, ce caracterizează o anumită zonă a unui oraş constituie nivelul acustic de fond şi are valoarea 35...50 dB.

Nivelul sonor mediu, la cele mai importante artere de circulaţie din cuprinsul oraşelor, se evaluează la 65...75 dB, iar zgomotul provenit din transportul pe străzi şi care pătrunde în camerele clădirilor de locuit poate ajunge în unele cazuri la 70...80 dB. Nivelul sonor al zgomotului produs de trenuri poate trece de 100 dB, iar frecvenţele lui înalte îl fac extrem de greu de suportat. Zgomotul produs de avioane turboreactoare şi supersonice depăşeşte cu mult pragul superior de audibilitate, prezentînd valori ale nivelului de intensitate sonoră între 130 şi 170 dB.

Repartizarea energiei sonore depinde de tipul străzilor. La străzi de tip culoar energia sonoră incidentă este reflectată şi deci amplificată de clădiri, ceea ce conduce la creşterea nivelului de intensitate sonoră a zgomotului exterior.

Distribuţia în spaţiu a zgomotului depinde şi de orientarea clădirilor faţă de fluxurile de circulaţie (fig. 6.19), longitudinală sau transversală. Unele clădiri pot asigura rolul de ecran pentru micşorarea transmisiei sonore în ansamblul de locuit (fig. 6.20).

6.4. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTE AERIENE INTERIOARE

Zgomotele exterioare pătrund în interiorul clădirilor şi afectează confortul acustic al încăperilor. În clădiri, zgomotul provine şi datorită diferitelor surse interioare legate de destinaţia şi funcţionalitatea acestora. Zgomotele interioare se pot propaga prin următoarele căi :

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducţie aeriană (zgomot aerian, fig. 6.21);

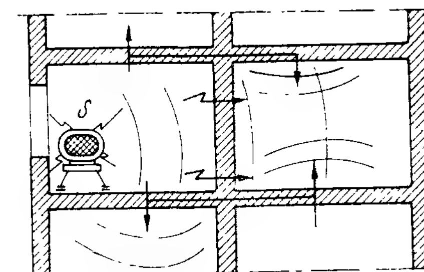


Fig. 6.21. Transmisia zgomotului aerian în clădiri.

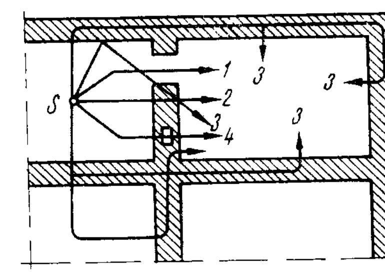


Fig. 6.22. Transmisia zgomotului în clădiri :

1 – transmisie prin deschideri (uşi, ferestre); 2 – transmisie prin pereţi; 3 – transmisie indirectă; 4 – transmisie prin conducţie.

– sub formă de energie sonoră transmisă prin conducţie solidă (zgomote structurale, fig. 6.22) şi prin conducţie aeriană.

Sursele interioare de zgomot pot fi : oamenii, instrumentele muzicale, aparatele de radio, mecanismele diverselor instalaţii tehnice ale clădirilor în timpul funcţionării lor.

Zgomotele se pot clasifica după poziţia sursei şi după modul de transmitere.

După poziţia pe care o ocupă sursa faţă de încăperi, zgomotele pot fi :

– interioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în interiorul clădirii;

– exterioare, cînd sursa generatoare de zgomot se află în exteriorul clădirii.

După modul de transmitere, zgomotele pot fi :

– propagate prin aer (zgomote aeriene);

– produse prin şoc (zgomote de impact);

– produse de funcţionarea utilajelor şi instalaţiilor.

Pentru a micşora acţiunea zgomotelor asupra încăperilor şi a clădirilor, în general, cele mai economice măsuri constau în amortizarea la sursă a acestora şi amplasarea corespunzătoare a zonelor rezidenţiale faţă de sursele de zgomot. Valorile admisibile ale nivelului zgomotului exterior se prezintă în tabelul 6.3.

Asigurarea confortului acustic implică o anumită capacitate de atenuare a pereţilor exteriori, interiori şi a planşeelor la acţiunea zgomotului aerian exterior şi interior.

La dimensionarea elementelor de construcţie (pereţi exteriori, interiori şi planşee) la acţiunea zgomotului aerian (fig. 6.23), trebuie asigurată inegalitatea :

$$D_{ef} > D_{nec}, \qquad (6.58)$$

în care D_{ef} este gradul de izolare acustică efectiv al elementului de construcţie, în foni sau dB;

D_{nec} – gradul de izolare acustică necesar al elementului de construcţie, în foni sau dB.

Gradul de izolare acustică, necesar la zgomot aerian, se calculează cu expresia :

$$D_{nec} = L_{ex} - L_{ad}[\text{dB}], \qquad (6.59)$$

sau

$$D_{nec} = L_{in} - L_{ad}[\text{dB}],$$

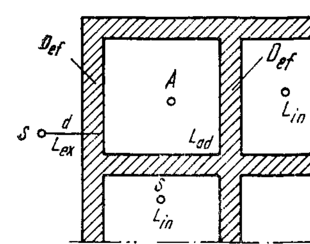


Fig. 6.23. Determinarea gradului de izolare acustică la zgomot aerian a pereților interiori și exteriori.

Zone urbane protejate	Valoarea admisibilă a nivelului zgomotului exterior, $L_{ad_{ext}}$	
	Exprimată în nr. de ordine al curbei C_z	Exprimată în dB_A
Zona de locuit	45	50
Zona de recreere și odihnă	40	45
Dotări protejate	40	45
Centru de cartier	50	55
Centru orășenesc	55	60

în care L_{ex} este nivelul perturbator teoretic sau măsurat al intensității zgomotului exterior din aer, în foni sau dB;

L_{in} — nivelul perturbator teoretic sau măsurat al intensității zgomotului din aer, în foni sau dB, produs în încăperi;

L_{ad} — nivelul admisibil al intensității zgomotului din aer, ce se consideră acceptabil în încăpere, în foni sau dB.

La acțiunea zgomotelor exterioare, protecția acustică a pereților exteriori se consideră asigurată, dacă gradul de izolare D_{ef} al peretelui exterior este superior valorilor:

35 dB în gama 100... 500 Hz;
40 dB în gama 500...1 500 Hz;
50 dB în gama 1 500...3 000 Hz.

Nivelul admisibil L_{ad} al zgomotului interior, în banda de o octavă cu frecvența medie de 1 000 Hz, pentru diverse categorii de încăperi și clădiri este:

saloane de spital (noaptea)	25 foni;
saloane de spital (ziua)	30...40 foni;
școli	30...40 foni;
aziluri de bătrîni	25...35 foni;
clădiri de locuit	45 foni.

Valorile admisibile ale nivelului de zgomot interior $L_{ad\,int}$, în clădiri de locuit și social-culturale, exprimate în numărul de ordine al curbei C_z sau în dB, pentru cazul cînd locul de producere a zgomotului este exterior încăperii, sînt prezentate în tabelul 6.4.

Izolarea acustică între două apartamente se consideră asigurată dacă indicele de izolare al peretelui despărțitor, D_{ef}, măsurat pentru un număr suficient de frecvențe, prezintă valorile:

35 dB în gama de frecvențe 100... 500 Hz;
45 dB în gama de frecvențe 500...1 500 Hz;
55 dB în gama de frecvențe 1 500...3 200 Hz.

În cazul cînd indicele necesar de izolare acustică la zgomotul aerian, D_{nec}, rezultă mai mare de 48 dB, se ia în considerare influența absorbției sonore din încăpere.

Unitatea funcțională	Valoarea admisibilă a zgomotului interior, $L_{ad_{int}}$	
	Exprimată în nr. de ordine al curbei C_z	Exprimată în dB_A
Apartamente, camere de locuit în case de oaspeți, hoteluri, cămine	30	35
Camere de bolnavi și săli de operație în spitale și sanatorii	30	35
Cabinete de consultație în policlinici, spitale	35	40
Săli de clasă, săli de conferințe, încăperi pentru copii în grădinițe sau creșe	35	40

Absorbția sunetului în încăpere se evaluează cu expresia:

$$A = \alpha_i S_i, \tag{6.60}$$

în care A este absorbția totală a încăperii, în m²;

α_i — coeficient de absorbție al materialului sau al obiectului din încăpere, variabil cu frecvența;

S_i — suprafața elementului din materialul cu coeficientul de absorbție α_i, în m².

Determinarea micșorării nivelului de intensitate sonoră a unui sunet, ΔL_i, emis într-o încăpere cu absorbția acustică A_1, după introducerea materialelor absorbante, se estimează cu relația:

$$L_i = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \tag{6.61}$$

în care A_1 este absorbția totală acustică, inițială, în m²;

A_2 — absorbția totală după introducerea materialelor absorbante, în m².

Absorbția acustică într-o încăpere, datorită aerului, se poate estima aproximativ cu relația:

$$A \cong 0{,}35\sqrt[3]{V^2}, \tag{6.62}$$

în care V este volumul încăperii, în m³.

6.5. ATENUAREA ZGOMOTULUI AERIAN PRIN PEREȚI ȘI PLANȘEE PE BAZA TEORIEI ECRANELOR

Pereții sau planșeele pot fi considerate la acțiunea zgomotului aerian, ecrane simple, ce separă încăperile între ele sau de mediul înconjurător, pe verticală sau orizontală.

Într-o primă aproximație, gradul de atenuare acustică al unui element de construcție la zgomotul aerian poate fi calculat cu expresia:

$$D_{ef} = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{I_i}{I_{tr}}. \tag{6.63}$$

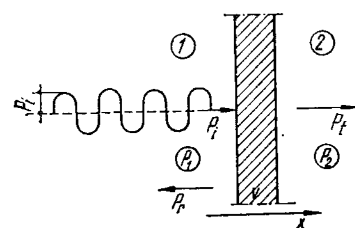


Fig. 6.24. Ipoteza elementului de construcție considerat ca piston rigid sub acțiunea vibrației aerului.

Folosind relația (6.63) se obțin valori foarte mari ale atenuării acustice, ceea ce nu reflectă caracteristicile reale ale elementelor de construcție în ceea ce privește capacitatea de amortizare a oscilațiilor sonore.

Într-o ipoteză mai cuprinzătoare se consideră peretele piston rigid care vibrează sub acțiunea presiunii acustice a aerului din încăpere (fig. 6.24). Se consideră presiunea acustică incidentă p_i, avînd variație sinusoidală, ce produce vibrații elementului de construcție. În încăperea 1 unde acționează sursa sonoră avînd presiunea incidentă p_i, se suprapune presiunea reflectată p_r, astfel încît în încăpere acționează presiunea rezultantă $p_1 = p_i + p_r$. În încăperea 2 învecinată acționează presiunea transmisă $p_2 = p_t$. Deoarece viteza aerului în încăperile 1 și 2 în vecinătatea elementului de construcție este aceeași, în ipoteza că peretele se consideră piston ce vibrează, fără legături pe contur cu celelalte elemente de construcție, se poate scrie ecuația mișcării, în direcția spațiului x:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} = F_1 - F_2, \tag{6.64}$$

în care M este masa totală a ecranului, iar F_1 și F_2 — forțele totale ce acționează în încăperile 1 și 2.

Dacă se împarte M la suprafața S a ecranului, se obține ecuația diferențială a mișcării:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = p_1 - p_2. \tag{6.65}$$

Se consideră expresia presiunii p_1 din încăperea 1 și viteza v a ecranului:

$$p_1 = p_i + p_r;\ v = v_i - v_r. \tag{6.66}$$

Multiplicînd termenii din expresia vitezei cu $\rho_0 c$ se obține:

$$\rho_0 c v = \rho_0 c v_i - \rho_0 c v_r. \tag{6.67}$$

Relația (6.67) se poate scrie:

$$\rho_0 c v = p_i - p_r. \tag{6.68}$$

Adunînd relațiile (6.66) și (6.68) rezultă:

$$p_1 = 2p_i - \rho_0 c v. \tag{6.69}$$

Reluînd expresia mișcării se obține:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = p_1 - p_2 = 2p_i - \rho_0 c v - \rho_0 c v, \tag{6.70}$$

deoarece:

$$p_2 = \rho_0 c v. \tag{6.71}$$

În final rezultă:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = 2\,(p_i - \rho_0 c v). \tag{6.72}$$

Cunoscînd că viteza mișcării este $v = \frac{dx}{dt}$, în cazul oscilației periodice sub forma armonică, complexă, viteza se poate exprima astfel:

$$v = e^{j\omega t}, \text{ în care } j = \sqrt{-1}, \tag{6.73}$$

iar:

$$\frac{dv}{dt} = j\omega e^{j\omega t} = j\omega t. \tag{6.74}$$

Ecuația mișcării se poate pune sub forma:

$$j\omega v m = p_1 - p_2 = 2(p_i - \rho_0 c v), \tag{6.75}$$

de unde:

$$2\,p_i = \rho_0 c v + \frac{j\omega m v}{2}. \tag{6.76}$$

Expresia coeficientului de reducție sonoră se poate scrie:

$$D_{ef} = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \left[\lg \frac{p_i}{p_t} \right]^2 = 10 \lg \left[\frac{\rho_0 \cdot c\, v + \frac{j\omega m v}{2}}{\rho_0 c v} \right]^2 =$$

$$= 10 \lg \left[1 + \frac{j\omega m}{2\rho_0 c} \right]^2 \cong 20 \lg \frac{\omega m}{2\rho_0 c}. \tag{6.77}$$

În relația (6.77) se are în vedere faptul că $\frac{j\omega m}{2\rho_0 c} \gg 1$.

Considerînd $\omega = 2\pi f$, gradul de atenuare acustică a peretelui la zgomotul aerian este:

$$D_{ef} = 20 \lg \frac{2\pi f m}{2\rho_0 c} = 20 \lg \frac{\pi f m}{\rho_0 c}. \tag{6.78}$$

Rezultă că gradul de atenuare acustică al elementului de construcție depinde de frecvență și de masă.

Această relație este cunoscută sub denumirea de *legea masei*, stabilită de B e r g e r, care exprimă gradul de izolare acustică al elementului de construcție,

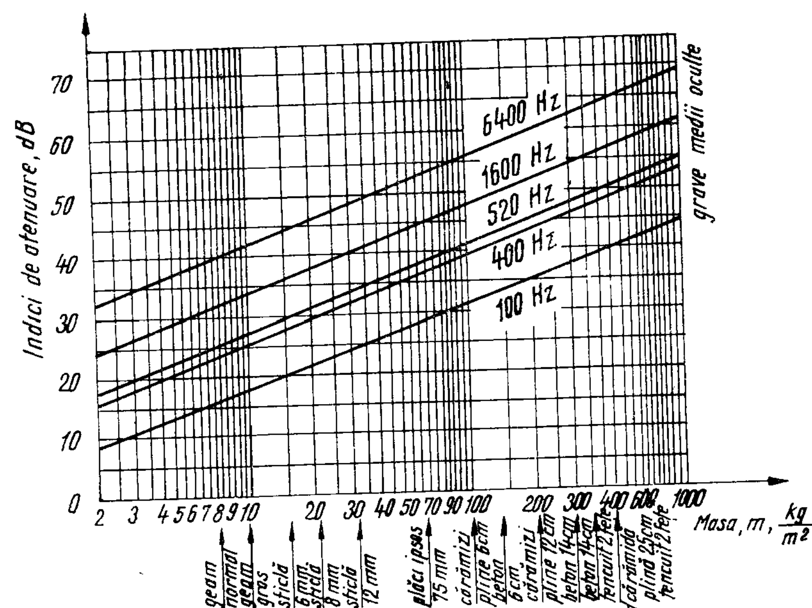


Fig. 6.25. Variația izolării acustice a elementelor de construcție, în funcție de masă, legea lui B e r g e r.

la zgomotul aerian, ce variază exponențial cu masa, adică la fiecare dublare a masei sau a frecvenței se obține o atenuare de 4 dB.

În diagramele din figura 6.25 se prezintă variațiile indicelui D de izolare acustică al elementelor de construcție, în funcție de masă.

6.6. ATENUAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOT AERIAN A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE, LUÎND ÎN CONSIDERARE LEGĂTURILE PE CONTUR

6.6.1. IPOTEZA MEMBRANĂ FĂRĂ RIGIDITATE LA ÎNCOVOIERE

Ipoteza pistonului rigid nu corespunde comportării reale a elementului de construcție sub acțiunea complexă a oscilațiilor sonore, acționînd ca unde incidente compuse cu unde reflectate, cu înclinări diferite asupra peretelui.

Considerînd unghiul θ (fig. 6.26) de înclinare a undelor sonore față de normala la elementul de construcție, expresia indicelui de atenuare este:

$$D_{ef} = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 20 \lg\left(\frac{m\omega \cos \theta}{2 \rho_0 c} + 1\right). \qquad (6.79)$$

Se constată că indicele de atenuare acustică scade cu creșterea unghiului de incidență a undelor sonore, devenind nul pentru $\theta = 90°$.

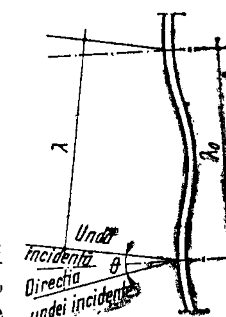


Fig. 6.26. Unghiul de incidență θ a oscilațiilor sonore.

Integrînd efectul atenuării acustice, pentru $\theta = 0...90°$ se constată o abatere în minus a gradului de izolare acustică a elementelor de construcție, de la legea masei, pînă la 10 dB.

Legăturile elastice ale elementului pe contur echivalează cu o reducere a masei acestuia, cu un coeficient a, astfel încît masa redusă m' este:

$$m' = am. \qquad (6.80)$$

Luînd în considerare o variație a masei m între 2 și 453 kg/m², s-a obținut o variație a coeficientului a, cuprinsă între 0,2 și 0,13, independent de frecvență, ceea ce permite să se scrie expresia gradului de izolare acustică a peretelui, luînd în considerare comportarea ca o membrană încastrată elastic pe contur, sub forma:

$$D_{ef} = 20 \lg \frac{m\omega\, a}{2 \rho_0 c} - 6. \qquad (6.81)$$

Încastrarea pe contur a elementului de construcție poate aduce o scădere suplimentară a atenuării acustice, de ordinul 15 dB, ceea ce este esențial în realizarea confortului acustic.

6.6.2. IPOTEZA MEMBRANĂ RIGIDĂ LA ÎNCOVOIERE. FRECVENȚA DE REZONANȚĂ

Un aport deosebit la studiul atenuării acustice îl aduce C r e m e r, prin teoria efectului de coincidență. În opoziție cu ipoteza pistonului rigid, în teoria coincidenței se consideră că elementul de construcție are o anumită elasticitate, care poate provoca o rezonanță și deci o scădere a atenuării acustice în zona frecvențelor proprii. În ipoteza pistonului rigid, s-a considerat că peretele posedă o anumită masă, fără elasticitate. Elasticitatea nu intervine deloc la pereții grei și chiar la pereții ușori. În ipoteza de membrană, peretele vibrează ca o placă rezemată pe laturile sale și este caracterizat de frecvențe de rezonanță.

Se face, de asemenea, observația că și la plăcile subțiri undele ce cad oblic pe suprafața peretelui și ies tot oblic au o atenuare care variază cu unghiul de incidență θ (fig. 6.27); o fîșie din perete, sub acțiunea undelor incidente oblic, poate fi asimilată cu o coardă foarte groasă, supusă unor oscilații de flexiune, care prezintă următoarea ecuație a mișcării libere:

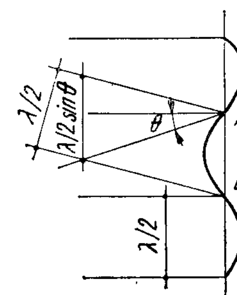


Fig. 6.27. Încovoierea unui perete sub acțiunea oscilațiilor sonore.

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = - B \frac{d^2y}{dx^2}; \qquad (6.82)$$

în care x este abscisa în lungul corzii;

y — ordonata normală pe perete, în punctul considerat origine;

B este rigiditatea la încovoiere, ce poate fi exprimată de relația :

$$B = \frac{E\,I}{I - \sigma^2}. \qquad (6.83)$$

Mărimea frecvenței de rezonanță a elementului de construcție, ce caracterizează domeniul de minimă atenuare, se poate calcula cu expresia :

$$f_{rez} = \frac{c^2}{2\pi \sin\theta}\sqrt{\frac{m}{E\,I}}, \qquad (6.84)$$

în care θ este unghiul de incidență oblică a undelor sonore.

Fenomenul de coincidență are loc pentru :

$$\lambda = \lambda_0 \sin\theta.$$

Fenomenul de coincidență trebuie evitat astfel ca frecvența proprie a elementului de construcție să fie în exteriorul gamei audibile. Pentru pereții de masă mare, rigizi, este necesar ca $f_{rez} < 100$ Hz, iar pentru pereții elastici, $f_{rez} > 3\,200$ Hz. În afara domeniului de coincidență, atenuarea acustică ascultă de legea masei. Frecvența limită, la care atenuarea este optimă, este dată de expresia :

$$f_{lim} = \sqrt{2}\, f_{rez} \qquad (6.85)$$

La ecrane duble (pereți cu strat de aer) există o frecvență de rezonanță f_{rez} a ansamblului, f_1 și f_2 fiind frecvențele proprii ale elementelor componente ale ecranului dublu (fig. 6.28), de masă m_1 și m_2.

Cele două elemente ale unui perete dublu, separate de un strat de aer, se comportă ca două mase legate de un resort, r, a cărui elasticitate echivalează pe aceea a aerului (fig. 6.29). Sistemul mecanic echivalent are o frecvență fundamentală de rezonanță, f_{rez}, a cărei valoare depinde de masele fiecărui element și de elasticitatea resortului (aerului).

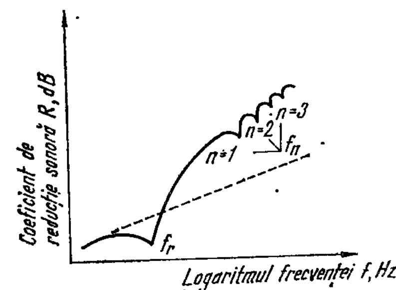


Fig. 6.28. Variația reducției sonore cu frecvența la un perete dublu, pentru o incidență normală a sunetului.

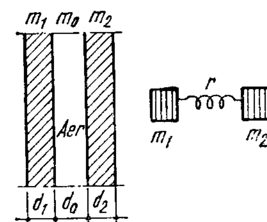


Fig. 6.29. Echivalența mecanică a peretelui dublu ca sistem oscilant.

Frecvența de rezonanță f_{rez} a ansamblului se poate estima pe baza expresiei (6.86) și trebuie să fie inferioară valorii de 75 Hz :

$$f_{rez} = \frac{\rho C}{2\pi}\sqrt{\frac{m_1 + m_2 + m_0}{m_1 m_2 m_0}} \leqslant 75 \text{ Hz}, \qquad (6.86)$$

în care m_1, m_2, m_0 reprezintă masa straturilor componente de grosimi d_1, d_2 și respectiv a aerului, de grosime d_0 și deci $m_0 = \rho_0 d_0$ (pentru aer).

6.7. METODE PRACTICE PRIVIND EVALUAREA IZOLĂRII ACUSTICE A PEREȚILOR ȘI PLANȘEELOR

6.7.1. IZOLAREA PEREȚILOR LA ZGOMOT AERIAN

Izolarea acustică a pereților la zgomotul aerian se apreciază prin gradul de izolare acustică efectiv, D_{ef}, ce se poate calcula cu ajutorul unor relații simplificate, bazate pe legea masei sau se poate determina prin măsurarea caracteristicilor elementelor, în laborator sau pe cale experimentală direct în clădiri în funcțiune.

Prin calcul, gradul mediu efectiv de izolare acustică al pereților și planșeelor se poate estima, în funcție de greutatea pe m² a elementului de construcție :

— *pentru pereți cu greutatea* $m < 200$ daN/m²

$$D_{ef} = 13{,}5 \lg m + 13, \qquad (6.87)$$

în care m este greutatea elementului de construcție, în daN/m² ;

— *pentru pereții cu greutatea* $m > 200$ daN/m² ;

$$D_{ef} = 23 \lg m - 9 \; ; \quad D_{ef} = 18 \lg m + 8 \qquad (6.88)$$

sau

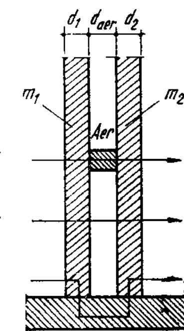
$$D_{ef} = 20 \lg m.$$

La pereții alcătuiți din două sau mai multe straturi (fig. 6.30), separate cu lamele de aer, gradul efectiv de izolare acustică depinde de transmisia zgomotului pe cale directă, indirectă și prin rigidizări și se calculează cu relațiile :

— *pentru pereți cu greutatea* $m_i < 200$ daN/m² :

$$D_{ef} = 13{,}5 \lg (m_1 + m_2) + 13 + \Delta D \; ; \qquad (6.89)$$

Fig. 6.30. Gradul de izolare acustică la pereți cu stat de aer :
1 — transmisia zgomotului direct ; 2 — transmisia zgomotului prin îmbinări ; 3 — transmisia zgomotului prin legături.



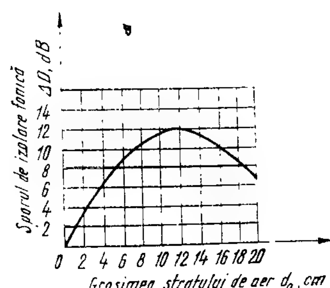


Fig. 6.31. Gradul de izolare acustică a stratului de aer, în funcţie de frecvenţă.

— *pentru pereţi cu greutatea* $m_i > 200$ daN/m² :

$$D_{ef} = 23 \lg (m_1 + m_2) - 9 + \Delta D, \tag{6.90}$$

în care m_1 şi m_2 sînt greutăţile straturilor peretelui în daN/m², iar ΔD — aportul de izolare al stratului de aer, în funcţie de grosime, conform datelor din diagrama Dürgammer-Kammerer (fig. 6.31).

Pentru evaluarea gradului real de izolare acustică trebuie să se ia în considerare şi absorbţia sonoră din camera de recepţie, astfel că rezultă :

$$D'_{ef} = D_{ef} + 10 \lg \frac{A}{S}, \tag{6.91}$$

în care : D'_{ef} este gradul de izolare acustică, real, în dB ;
D_{ef} — gradul de izolare acustică, fără influenţa absorbţiei acustice, în dB ;
A — absorbţia acustică totală a încăperii, în m² ;
S — suprafaţa elementului de construcţie pentru care se determină gradul de izolare acustică, în m².

Valorile indicilor de izolare acustică, determinaţi cu aceste relaţii, se consideră valori medii pentru frecvenţa de 500 Hz, care este medie geometrică a frecvenţelor 50 şi 5 000 Hz.

Gradul efectiv de izolare acustică, în funcţie de frecvenţă, se poate estima cu expresia :

$$D_{ef} = 18 \lg m + 12 \lg f - 25. \tag{6.92}$$

Pentru a se determina domeniul de izolare minimă, se calculează frecvenţa de rezonanţă (coincidenţă) a unui element de construcţie, de grosime d, în cm, cu expresia :

$$f_{rez} = \frac{20\,000}{d}\sqrt{\frac{\rho_0}{E}}, \tag{6.93}$$

în care ρ_0 reprezintă densitatea specifică aparentă, în daN/m³, iar E — modulul de deformaţie al materialului, în daN/cm².

La pereţi cu lamelă de aer se poate calcula frecvenţa de rezonanţă a peretelui dublu cu relaţia :

$$f_{rez} = \frac{120}{\sqrt{m d_{aer}}}, \tag{6.94}$$

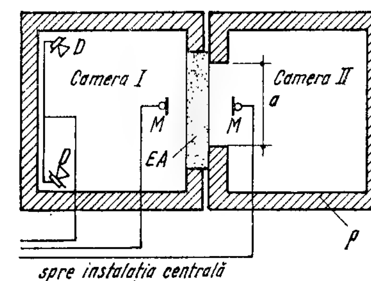


Fig. 6.32. Schema laboratorului pentru determinarea experimentală a gradului de izolare acustică la transmisia zgomotului aerian :
D — difuzor; M — microfon; EA — element de probă la transmisia zgomotului aerian; P — pereţi cu capacitate de izolare acustică ridicată.

în care m este masa totală a peretelui despărţitor din 2 straturi de grosimi egale, în daN/m², iar d_{aer} — grosimea lamelei de aer, în m.

În cazul straturilor de mase diferite se poate folosi relaţia :

$$f_{rez} = 50\sqrt{\frac{E}{d_{aer}}\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)}, \tag{6.95}$$

n care E este modulul de elasticitate dinamică a aerului, egal cu 1,45 daN/cm².

Eficienţa izolării acustice a elementului de construcţie compus este asigurată pentru valori superioare frecvenţei limită, definită de relaţia :

$$f_{lim} = \sqrt{2}\, f_{rez}\,. \tag{6.96}$$

Determinarea pe cale experimentală a gradului de izolare acustică se bazează pe emisia sunetelor în domeniul de frecvenţe 100..3 200 Hz, cu nivelul de intensitate sonoră superior nivelului zgomotului atenuat în camera de recepţie. Măsurătorile se pot efectua în camere laborator folosind elemente standard (fig. 6.32) sau la clădiri în exploatare.

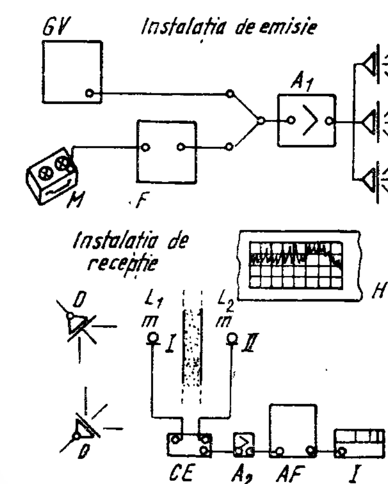


Fig. 6.33. Schema instalaţiei pentru măsurarea gradului de izolare acustică la transmisia zgomotului aerian :
GV — generator de ton; A_1, A_2 — amplificator; D — difuzor; F — filtru; M — magnetofon; m — microfon; CE — comutator; AF — amplificator filtru; I — înregistrator rapid de nivel; H — oscilograma zgomotului.

În figura 6.33 se prezintă schema instalaţiei de emisie a zgomotului, alcătuită din generator de ton, amplificator, difuzor şi microfon şi schema instalaţiei de recepţie alcătuită din microfon, amplificator, filtru şi fonometru. Prin comutarea instalaţiei de măsurare cu camerele de emisie şi recepţie se măsoară nivelurile de intensitate L_1 şi L_2 în cele două încăperi I şi II.

Microfonul este partea cea mai sensibilă din complexul electroacustic de recepţie. Sînt indicate microfoanele N e u m a n n tip condensator, omnidirecţionale, cu caracteristică de liniaritate pentru toate benzile de frecvenţă, etalonate cu ocazia fiecărei măsurători cu ajutorul sursei etalon de excitare.

Difuzoarele joacă rol de traductori care transformă energia acustică şi trebuie să aibă o putere de 12,5...25 W fiecare şi să dezvolte o presiune acustică de minimum 0,2 N/m² în

punctul situat pe axa de lucru la o distanță de 1 m, la toate frecvențele ce interesează.

Indicele experimental efectiv de izolare acustică al unui element de construcție poate fi considerat în diferite accepțiuni.

Indicele de izolare brută se definește ca diferența dintre nivelurile de presiune acustică medie din încăperea în care se emite sunetul, L_1, și încăperea în care se recepționează, L_2, conform cu relația :

$$D_b = L_1 - L_2. \tag{6.97}$$

Indicele de izolare brută, D_b, nu caracterizează riguros izolarea acustică asigurată de elementele de construcție, deoarece nu exprimă și influența absorbției acustice a încăperii.

Indicele standard de izolare acustică definește izolarea acustică a unui element de construcție la o încăpere de recepție cu capacitatea echivalentă de absorbție de 10 m², ceea ce corespunde capacității de absorbție acustică la încăperi mobilate normal. Se calculează cu expresia :

$$D = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A_0}{A}, \tag{6.98}$$

în care: A este suprafața de absorbție echivalentă a încăperilor de recepție, în m²;
A_0 — suprafața de absorbție echivalentă de referință, luată în general egală cu 10 m².

Indicele de izolare acustică sau reducție sonoră, calculat cu relațiile (6.99) sau (6.100) :

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}, \tag{6.99}$$

în care W_1 este energia sonoră emisă, în dB ;
W_2 — energia recepționată, în dB.

Cînd peretele separă două încăperi învecinate, indicele de reducție sonoră este dat de relația :

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A}{S}, \tag{6.100}$$

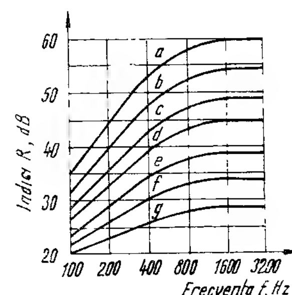


Fig. 6.34. Indici de reducție sonoră R, în funcție de frecvență (valori minime) conform STAS 6 156—68 :

a — pereți exteriori fără ferestre sau la spitale ; *b* — pereți exteriori la locuințe ; *c* — pereți interiori la spitale ; *d* — pereți interiori la locuințe ; *e* — pereți exteriori cu ferestre ; *f* — ferestre duble ; *g* — uși duble.

în care S este suprafața peretelui, în m².

Dimensionarea privind gradul de izolare acustică la zgomotul aerian constă în verificarea inegalității :

$$R \geqslant D_{nec} \tag{6.101}$$

Indicii de reducție acustică, în funcție de frecvență, sînt prezentați în graficele din figura 6.34. Curbele *a, b, c, d, e, f, g*, din diagramă corespund valorilor minime ale indicelui de reducție acustică pentru frecvența de 800 Hz, avînd valorile 53, 48, 43, 35, 30, 25 dB, în funcție de tipul elementului de construcție. Rezultatele situate deasupra unei curbe caracterizează zona favorabilă corespunzătoare elementului de construcție considerat.

Tabelul 6.5

Descrierea elementelor de construcție	Grosimea totală d, cm	Greutatea totală daN/m²	Indicele de atenuare R, dB (valori medii)
Zidărie de cărămidă plină tencuită pe ambele fețe, de grosime :			
— 1/4 cărămidă ;	10	180	42*
— 1/2 cărămidă ;	15	240	46*
— 1 cărămidă ;	28	500	50
— 1 1/2 cărămidă ;	40	720	53
— 2 cărămizi.	53	950	55
Zidărie de cărămidă cu găuri, tencuită pe ambele fețe (găurită numai în interiorul peretelui), de grosime :			
— 1/4 cărămidă ;	10	140	40
— 1/2 cărămidă ;	15	210	40
— 1 cărămidă.	28	400	48
Plăci de ipsos cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	140	41
Plăci de beton cu zgură, tencuite pe ambele fețe	10	180	44
Plăci de beton ușor, tencuite pe ambele fețe	10	100	38
Plăci stufit 5 cm grosime, tencuite pe ambele fețe	8	100	40
Două straturi de plăci de stufit, de 5 cm grosime, lipite cu un strat de mortar, tencuite pe fețele exterioare	16	160	46

* În cazul execuției zidăriei cu mortar de ciment și a tencuielilor cu mortar de var cu adaos de ciment, indicii R se măresc la 44, respectiv, 48 dB.

În conformitate cu STAS 6 156—68 se prezintă, în tabelul 6.5, valorile indicilor R de atenuare acustică pentru elemente de construcție, în funcție de natura lor și destinația clădirilor.

Evaluarea globală a capacității de izolare la zgomot aerian a unui element despărțitor de construcție se face în raport cu curba etalon, folosind indicele de izolare la zgomot aerian E_A, a cărui valoare se stabilește prin deplasarea paralelă a curbei de referință 1 (fig. 6.35), față de curba valorilor măsurate ale indicilor de reducție sonoră R, curba 2, astfel încît valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatelor curbei măsurate, să nu depășească 30 dB (în medie cu 2 dB pentru cele 15 treimi de octavă în domeniul 100...3 150 Hz). În cazul deplasării curbei de referință în zona rezultatelor nefavorabile, rezultă valori negative pentru E_A (de exemplu, pentru curba 3, $E_A = -2$ dB).

În cazul deplasării curbei de referință spre zona rezultatelor favorabile, rezultă pentru E_A valori pozitive.

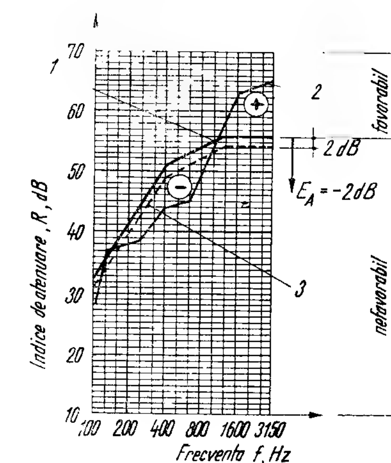


Fig. 6.35. Evaluarea indicelui de izolare E_A, la zgomotul aerian :
1 — curba etalon ; *2* — curba cu rezultatele măsurătorilor ; *3* — curba etalon deplasată.

În funcţie de tipul şi clasa elementului despărţitor de construcţie, indicele de izolare la zgomotul aerian, E_A, trebuie să prezinte valori admisibile între −1 şi +8 dB.

Pentru elemente despărţitoare într-un strat, precum şi pentru calcule orientative, indicele de izolare la zgomot aerian E_A poate fi calculat cu relaţia:

$$E_A = R_m - 48 \tag{6.102}$$

în care R_m reprezintă indicele de atenuare mediu al structurii, determinat în funcţie de masa sa, în daN/m², cu una din relaţiile (6.87) sau (6.88).

6.7.2. IZOLAREA PLANŞEELOR LA ZGOMOT AERIAN

La planşee, spre deosebire de pereţi, transmisia zgomotului are loc atît prin aer, cît şi prin vibraţiile concentrate produse de circulaţia persoanelor, mişcarea mobilierului sau funcţionarea instalaţiilor. Capacitatea de izolare acustică a planşeelor, la zgomotele din aer, depinde de masa elementului de construcţie, putîndu-se lua în considerare într-o primă ipoteză, planşeul fără pardoseală (brut) şi în a doua ipoteză, ansamblul planşeu-pardoseală, corespunzător situaţiei normale de exploatare. Ca şi în cazul pereţilor, dimensionarea la zgomotul aerian a planşeelor implică luarea în considerare a inegalităţii:

$$D_{ef} \geqslant D_{nec}, \tag{6.103}$$

în care D_{ef} este gradul efectiv de izolare acustică al elementului de construcţie, în dB;

D_{nec} — gradul necesar de izolare acustică al planşeului cu pardoseală, în dB, care în funcţie de frecvenţă se consideră între 33 şi 60 dB, pentru domeniul $f = 100...3\,200$ Hz, cu o valoare medie de 53 dB, conform diagramei din figura 6.36.

Stabilirea gradului efectiv de izolare acustică, D_{ef}, se poate obţine pe cale analitică sau experimentală. Calculul analitic al gradului efectiv de izolare acustică la zgomotul aerian al ansamblului planşeu-pardoseală se poate efectua cu relaţia (6.92).

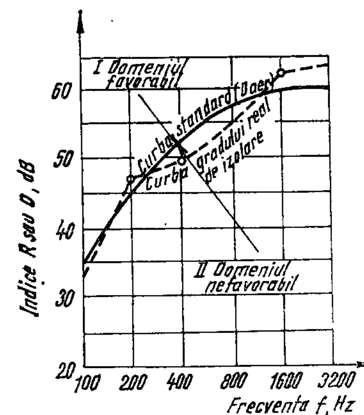


Fig. 6.36. Gradul de izolare acustică la zgomot aerian, la planşee.

Pentru a se lua în considerare şi efectul absorbţiei acustice, din camera de recepţie, se poate utiliza expresia (6.91).

Pentru determinarea experimentală a gradului de reducţie sonoră al planşeului, se poate folosi instalaţia electroacustică din figura 6.33. Indicele de reducţie sonoră R, în dB, pentru ansamblul planşeu-pardoseală, se poate calcula cu expresia (6.100).

Asigurarea condiţiei de calitate privind izolarea la zgomotul aerian implică respectarea inegalităţii:

$$R \geqslant D_{nec}. \tag{6.104}$$

Rezultatele experimentale ca şi cele calculate analitic pot fi prezentate şi grafic, fiind considerate favorabile atunci cînd valorile efective sînt situate deasupra valorilor necesare şi deci deasupra curbei standard. Efectuarea determinărilor experimentale ale gradului de izolare acustică la planşeul fără pardoseală şi ulterior la planşeul cu pardoseală permite evaluarea influenţei pardoselii asupra gradului de izolare a acesteia la zgomotul aerian. Evaluarea gradului de izolare la zgomotul aerian, pe baza calculului indicelui E_A, se face după aceeaşi metodologie ca şi la pereţi.

6.7.3. IZOLAREA PLANŞEELOR LA ZGOMOT DIN IMPACT

6.7.3.1. **Planşee fără pardoseală.** La zgomotul din impact, vibraţia planşeului poate fi asimilată cu un model mecanic oscilant, alcătuit dintr-o masă, m, un resort, R, şi o rezistenţă vîscoasă, R_v (fig. 6.37). Ecuaţia generalizată de mişcare, în cazul vibraţiilor transversale ale planşeului, folosind operatorii, este:

$$B\Delta\Delta u + m\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0, \tag{6.105}$$

în care u este deplasarea planşeului;

m — masa planşeului;

B — rigiditatea la încovoiere a planşeului, care pentru grosimea h, are expresia:

$$B = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}. \tag{6.106}$$

O analiză a mişcării planşeului sub acţiunea vibraţiilor transversale este dificilă datorită fenomenelor de dispersie a energiei sonore, astfel încît relaţiile (6.105) şi (6.106) prezintă interes teoretic, practic fiind necesare verificări experimentale. Astfel, comportarea planşeului la zgomotul din impact se poate aprecia cu relaţii aproximative, privind nivelul de atenuare acustică, sub forma:

$$L = 10\lg\frac{1}{S\rho_0^{1,5}E^{0,5}\eta h^3}, \tag{6.107}$$

în care S este suprafaţa planşeului, în m²;

ρ_0 — densitatea aparentă a materialului, în daN/m³;

E — modulul de elasticitate, în daN/m²;

η — coeficientul de pierderi interne;

h — grosimea planşeului, în m.

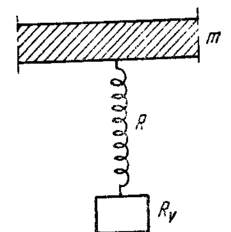


Fig. 6.37. Modelul mecanic oscilant al planşeului la zgomotul din impact:
m – masa planşeului; R – resort; R_v – rezistenţă vîscoasă.

Cercetări experimentale privind capacitatea de izolare a planşeului la zgomot din impact arată că la dublarea grosimii planşeului se obţine o reducere a nivelului de zgomot la impact cu circa 9 dB (0,8 dB la fiecare îngroşare a planşeului cu 1 cm), la creşterea densităţii materialului planşeului se obţine un spor de izolare de pînă la 4,5 dB,

iar dublarea coeficientului de pierderi interne aduce un aport de izolare de circa 3 dB.

6.7.3.2. **Planşee cu pardoseală.** Aportul pardoselii la creşterea atenuării acustice a planşeului, sub acţiunea zgomotului de impact, depinde de rigiditatea sau elasticitatea materialului şi de capacitatea sa de amortizare locală a oscilaţiilor sonore din şoc.

În cazul pardoselii moi, îmbunătăţirea izolării acustice se manifestă pentru valori de frecvenţe, f, mai mari decît frecvenţa de rezonanţă f_{rez} a materialului, avînd o creştere cu frecvenţa de 12 dB/octavă, în baza relaţiei :

$$\Delta L = 10 \lg\left(\frac{f}{f_{rez}}\right)^4 \cdot \qquad (6.108)$$

În acest sens, prezintă interes pardoselile din cauciuc moale şi cele din materiale plastice nerigide. Rezultate bune privind izolarea acustică la zgomote de impact s-au obţinut prin utilizarea pardoselilor pe dale flotante alcătuite dintr-un strat rigid, obişnuit o placă de beton slab armat, de 3...5 cm grosime, care reazemă pe planşeu prin intermediul unui strat elastic moale (fig .6.38).

Considerînd masa dalei şi pardoselii, m_0, în daN/m², f_{rez} ce intervine în relaţia (6.108) este :

$$f_{rez} = 500\sqrt{\frac{s}{m_0}}, \qquad (6.109)$$

în care s este coeficientul de rigiditate dinamică al dalei în daN/cm³, calculat cu expresia E_d/h, avînd valorile prezentate în tabelul 6.6.

Practic, normele germane iau în considerare două cazuri, în ceea ce priveşte valorile limită f_{rez}, în funcţie de capacitatea de izolare a planşeului brut (fără pardoseală), la evaluarea aportului de izolare acustică a pardoselilor (fig. 6.39), şi anume : $f_{rez} \leqslant 180$ Hz, pentru planşee din grupa I cu $h \geqslant 10$ cm (fig. 6.40) şi $f_{rez} \leqslant 400$ Hz, pentru planşee din grupa a II-a cu $h \geqslant 14$ cm (fig. 6.41).

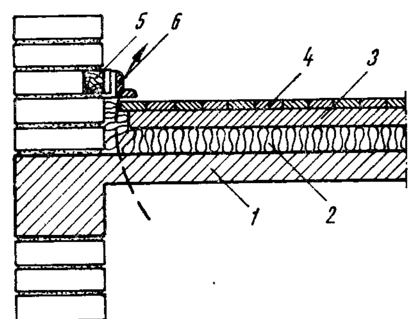


Fig. 6.38. Pardoseală pe dală flotantă :
1 – placă de beton armat; 2 – strat elastic, moale; 3 – dală de beton slab armat în grosime de 3...5 cm; 4 – parchet; 5 – diblu; 6 – perva.

Tabelul 6.6

Denumirea materialului	Grosimea stratului, mm	Rigiditatea dinamică S, daN/cm³
Plăci din vată minerală tip F.I.	10	2,5
Plăci din polistiren ecruisat	10	2,5
Plăci din plută expandată SUPEREX	20	6,5
Plăci fibrolemnoase poroase	25	9

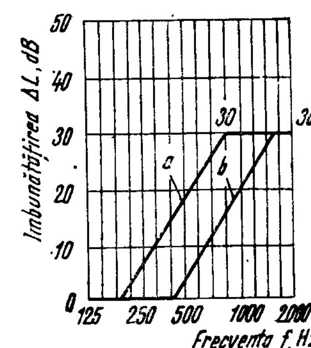


Fig. 6.39. Curbe teoretice de calcul ale îmbunătăţirii izolării acustice :
a – pentru planşee din grupa I; b – pentru planşee din grupa a II-a.

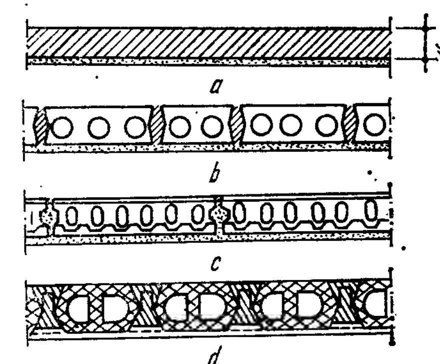


Fig. 6.40. Tipuri de planşee din grupa I pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact :
a – placă de beton armat; b – planşeu din fîşii cu goluri; c – planşeu din fîşii STAS A; d – planşeu din grinzi de beton armat cu corpuri de umplutură.

Pentru pardoseli flexibile, frecvenţa de rezonanţă se calculează cu expresia :

$$f_{rez} = \frac{0.45}{\tau}, \qquad (6.110)$$

în care τ este timpul de contact dintre ciocanul care cade liber şi pardoseală.

Pentru pardoseli din linoleum, cauciuc, PVC cu substrat izolator, $\tau = 0{,}45 \times 10^{-3} \ldots 2{,}8 \times 10^{-3}$ s.

Determinarea gradului de izolare acustică la zgomotul de impact se face şi pe cale experimentală, folosindu-se excitarea sonoră a planşeului cu ciocanul standard internaţional (fig. 6.42). Ciocanul standard este o maşină acţionată

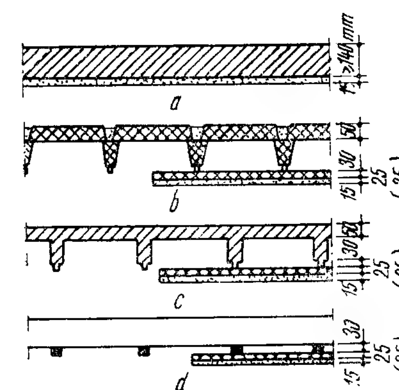


Fig. 6.41. Tipuri de planşee din grupa a II-a pentru calculul aportului pardoselii la atenuarea zgomotului din impact :
a – placă de beton armat; b – planşeu din elemente prefabricate de beton armat, realizat cu tavan suspendat; c – planşeu din beton armat cu nervuri dese, realizat cu tavan suspendat; d – planşeu din categoria I, realizat cu tavan suspendat.

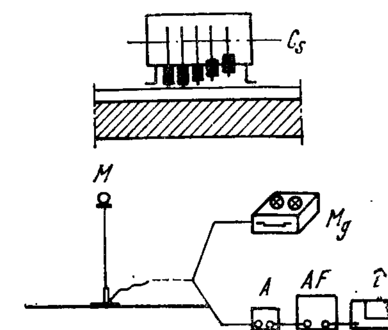


Fig. 6.42. Schema lanţului electroacustic pentru măsurarea atenuării planşeelor la zgomotul de impact :
CS – ciocan standard; M – microfon; Mg – magnetofon; A – amplificator; AF – sistem de filtru şi comutator automat; i – inregistrator rapid de nivel.

manual sau electric, cu 5 ciocane de către 500 g fiecare, ce cad de la $h=4$ cm, cu cadența loviturilor de 10 bătăi/s. În camera de sub planșeul încercat este instalat lanțul electroacustic de recepție, alcătuit din microfon, amplificator, filtru, fonometru, osciloograf catodic, care împreună alcătuiesc schema spectrometrului acustic.

Încercarea planșeului se poate face pe structura brută, fără pardoseală sau după montarea pardoselii, determinîndu-se astfel eficiența de atenuare acustică a acesteia. Nivelul de intensitate auditivă a zgomotului în camera de emisie se notează cu L_1.

Pentru ca zgomotele produse de circulație să nu afecteze confortul în încăperea inferioară este necesar ca nivelul global de intensitate auditivă a sunetului, L_2, măsurat în camera de recepție, să satisfacă relația:

$$L_2 < 85 - \lg A, \qquad (6.111)$$

în care A este aria de absorbție echivalentă în încăperea de recepție, în m².

În figura 6.43 se prezintă curbele standard ale nivelului admisibil al intensității sonore, L_n, la zgomotul de impact, în funcție de frecvență, variind de la 70 la 50 dB pentru valori ale frecvenței cuprinse între 100 și 3 200 Hz. Valorile L_p obținute sub curba standard caracterizează zona rezultatelor favorabile privind calitatea acustică la zgomotul de impact.

Pentru a se lua în considerare absorbția de referință A_0, în camera de recepție, nivelul zgomotului de șoc standard, D_s se poate evalua cu relația:

$$D_s = L_2 - 10 \lg \frac{A_0}{A}, \qquad (6.112)$$

în care L_2 este nivelul zgomotului în camera de recepție, în dB; $A_0 = 10$ m² — valoarea absorbției de referință, în m²; A — valoarea absorbției totale în camera de recepție, în m².

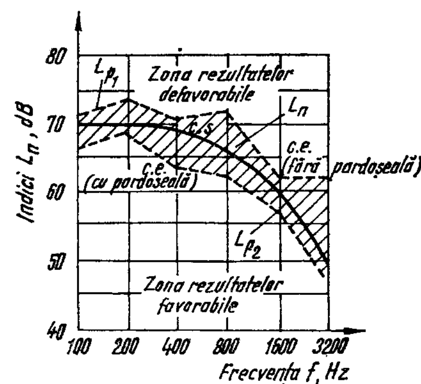


Fig. 6.43. Stabilirea grafică a indicelui de reducție sonoră la zgomotul de impact:
c.s. — curbă standard; c.e. — curbă efectivă.

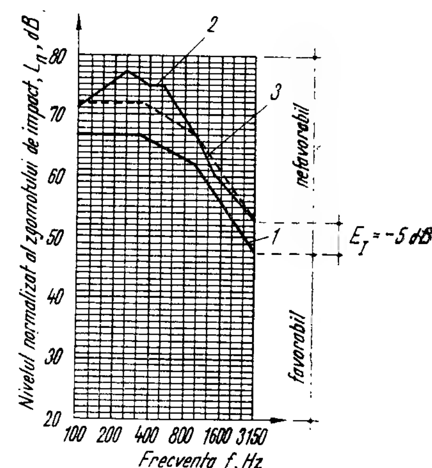


Fig. 6.44. Evaluarea indicelui de izolare E_I, la zgomotul din impact:
1 — curba de referință (etalon); 2 — curba cu rezultatele măsurătorilor; 3 — curba de referință deplasată.

Dacă se urmărește influența modificărilor structurii planșeu-pardoseală, se calculează aportul suplimentar de izolare ΔL_p, datorat pardoselii, cu relația:

$$\Delta L_p = L_{p1} - L_{p2}, \qquad (6.113)$$

în care L_{p1}, L_{p2} reprezintă nivelurile zgomotului de șoc standardizat, înainte și după modificarea structurii, măsurate în aceeași încăpere, conform condițiilor expuse.

Valorile atenuării acustice ΔL_p, datorită pardoselilor, pot fi cuprinse între 2 și 8 dB, în funcție de structura pardoselii și de caracteristicile de amortizare dinamică a materialelor.

Evaluarea globală a capacității de izolare la zgomot din impact a unui planșeu se poate face în raport cu curba etalon a nivelurilor normalizate L_n, folosind indicele de izolare la zgomot din impact E_I (fig. 6.44). Evaluarea aportului pardoselii se poate face în raport cu curba planșeului standard, curba 2 sau a curbei planșeului încercat. Indicele de izolare, la zgomotul din impact E_I, se stabilește prin deplasarea paralelă a curbei de referință 1, față de curba valorilor măsurate ale nivelelor de zgomot L_2, curba 2, astfel încît valoarea totală a abaterilor negative ale ordonatelor curbei măsurate să nu depășească 30 dB. Valorile indicelui E_I pot fi negative (curba 3, $E_I = -5$ dB), cînd deplasarea are loc în zona rezultatelor nefavorabile sau pozitive, cînd deplasarea curbei de referință se face în zona favorabilă. În funcție de clasa planșeelor, valorile admisibile pentru E_I sînt cuprinse între -2 dB și $+17$ dB, în raport cu cerințele de confort.

Indicele de izolare la impact total se poate calcula cu expresia:

$$E_I = E_{IP} + \Delta E_I \qquad (6.114)$$

în care E_{IP} este indicele de izolare la zgomot de impact corespunzător planșeului, iar ΔE_I — îmbunătățirea izolării la zgomot de impact corespunzătoare pardoselii.

Partea a treia

ALCĂTUIREA ŞI MECANICA ZIDĂRIILOR

Capitolul 7

ZIDĂRII. ALCĂTUIRE GENERALĂ ŞI PROPRIETĂŢI

7.1. ALCĂTUIREA ZIDĂRIILOR

7.1.1. DEFINIŢII, CLASIFICARE. ELEMENTE DE CONSTRUCŢIE DIN ZIDĂRIE

Zidăria este elementul de construcţie alcătuit din pietre naturale sau artificiale (cărămizi, blocuri), de diverse forme sau provenienţe, aşezate după anumite reguli, nelegate sau legate între ele cu ajutorul mortarului sau cu legături metalice. Denumirea generală ***blocuri de zidărie***, folosită în ultimul timp, cuprinde atît cărămizi, cît şi blocuri de zidărie, de diverse forme şi din diferite materiale. Zidăria a reprezentat în întreaga istorie a construcţiilor, din antichitate pînă acum un secol, materialul principal pentru fundaţii, pereţi, planşee şi acoperişuri. Ea poate fi considerată ca unul din cele mai vechi materiale compuse, cu rezistenţe bune la compresiune, dar cu rezistenţe mici la întindere, încovoiere şi forfecare, astfel că în prezent se foloseşte mai ales pentru pereţi.

Zidăriile se clasifică din punctul de vedere al comportării lor mecanice şi al siguranţei la acţiuni, după diverse criterii.

După natura materialelor din care sînt alcătuite, pot fi:

— zidării din piatră naturală;

— zidării din produse artificiale, care au cea mai largă utilizare, sub formă de produse ceramice, blocuri mici sau mari din beton greu şi mai ales din beton uşor, realizat cu agregate poroase sau beton celular.

Pietrele naturale pot avea forme regulate (piatra de talie, moloanele) sau neregulate (piatra brută); pietrele artificiale au forme regulate de paralelipiped dreptunghic cu feţe plane şi muchii drepte, vii, care sînt zidite în rînduri regulate şi legate cu mortar.

După modul de alcătuire, se deosebesc zidării simple, mixte, armate şi complexe. ***Zidăriile simple*** folosesc un singur tip de pietre de zidărie (fig. 7.1, *a*). ***Zidăriile mixte*** sînt alcătuite de obicei din două, rareori din mai multe tipuri de pietre de zidărie, de exemplu, zidărie din blocuri mici sau din piatră naturală cu un strat de faţadă din zidărie de cărămidă (fig. 7.1, *b*, *c*) sau din zidărie cu beton turnat monolit (fig. 7.1, *d*). ***Zidăriile armate*** se obţin prin înglobarea în masa zidăriei a unei armături (plase, bare de oţel-beton, platbande), uniform repartizată şi introdusă în mortarul din rosturile orizontale (armare transversală) sau în rosturile verticale ale zidăriei (armare longitudinală — fig. 7.1, *e*), puţin folosită la noi. ***Zidăriile complexe*** folosesc armătură din oţel-beton repar-

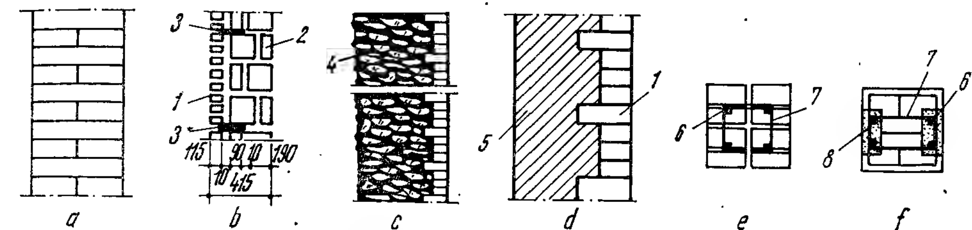


Fig. 7.1. Tipuri de zidării:
a — zidărie simplă; *b* — zidărie mixtă din cărămidă şi blocuri; *c* — zidărie mixtă din piatră brută căptuşită cu cărămidă; *d* — zidărie mixtă cu beton turnat monolit; *e* — zidărie armată cu armătură verticală; *f* — zidărie complexă; *1* — zidărie de faţadă; *2* — zidărie din blocuri mici; *3* — ancore metalice; *4* — zidărie din piatră brută; *5* — beton turnat monolit; *6* — armătură verticală; *7* — etrier; *8* — sîmbure de beton armat.

tizată concentrat în masa zidăriei sub formă de elemente de beton armat, cum sînt stîlpii (fig. 7.1, *f*) sau pereţii din zidărie întăriţi cu stîlpişori (sîmburi) de beton armat turnat monolit (fig. 7.2). Armătura folosită în zidăriile armate şi complexe conlucrează cu zidăria la acţiunea încărcărilor şi preia eforturile de întindere rezultate.

După natura solicitărilor, pot fi:

— elemente solicitate la compresiune excentrică, care sînt supuse unei acţiuni a încărcărilor gravitaţionale (cazul pereţilor portanţi, autoportanţi şi neportanţi) şi uneori acţiunii încărcărilor orizontale (cazul pereţilor de contravîntuire);

— elemente cu geometrie optimă pentru acoperirea deschiderilor, ţinînd seama de comportarea mecanică bună la compresiune a zidăriilor (arce, bolţi, cupole, urmărind curba de coincidenţă; arce butant şi contraforturi, pentru preluarea împingerilor sau pentru asigurarea stabilităţii structurii) sau supuse unor acţiuni mecanice speciale (de exemplu, ziduri de subsol solicitate de împingerea pămîntului);

— elemente supuse altor tipuri de solicitări, rezultate din acţiuni fizice (solicitare termică) sau chimice (agresivităţi) ale mediului înconjurător.

Elementele verticale de zidărie au roluri diferite în construcţii.

Pereţii sînt elemente verticale de rezistenţă la care raportul dintre lungime şi grosime este mai mare de 3 (fig. 7.3, *a*). *Pereţii portanţi* (de rezistenţă) susţin şi transmit greutatea lor proprie şi încărcările primite de la alte elemente de construcţie (fig. 7.4, *a*). *Pereţii autoportanţi* susţin şi transmit numai greutatea proprie a zidăriei pe întreaga înălţime a construcţiei (etajul respectiv plus etajele de deasupra, fig. 7.4, *b*), sau cel puţin a cîtorva niveluri, pe care o transmit terenului de fundaţie. *Pereţii neportanţi* nu susţin decît greutatea lor proprie pe înălţimea etajului respectiv pe care o transmit planşeului şi apoi elementelor verticale de rezistenţă; ei se execută între elementele de rezistenţă (fig. 7. 4, *c*). *Pereţii despărţitori* sînt, în general, zidării subţiri destinate a

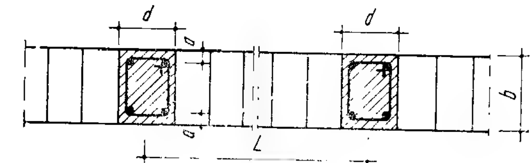


Fig. 7.2. Secţiune printr-un perete de zidărie întărită cu stîlpişori de beton armat (zidărie complexă).

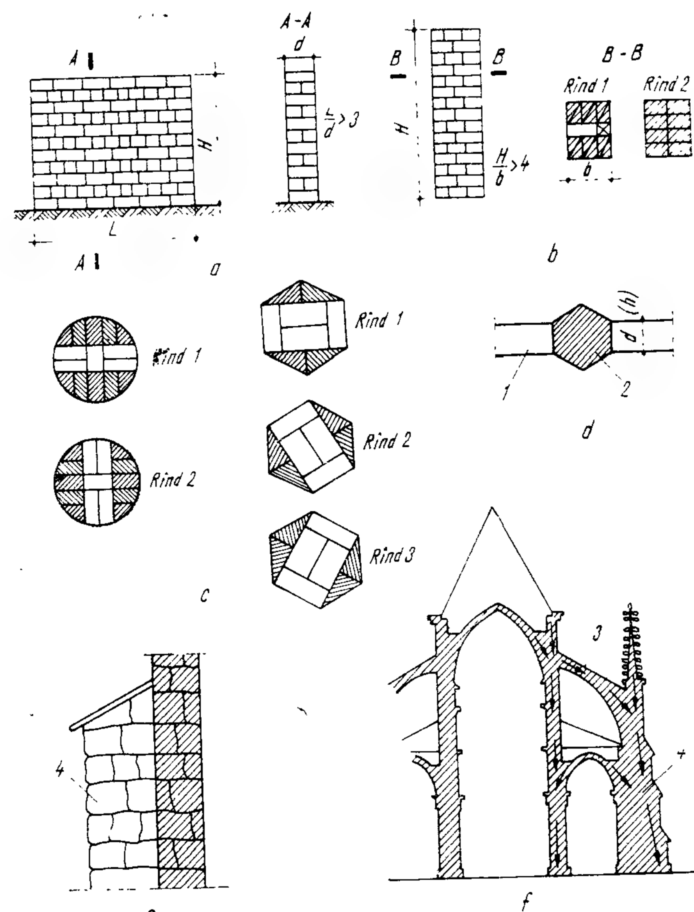


Fig. 7.3. Elemente de rezistenţă din zidărie:
a – perete; *b* – stîlp; *c* – coloane; *d* – pilastru; *e* – contrafort; *f* – arc butant; *1* – zid; *2* – pilastru; *3* – arc butant; *4* – contrafort.

separa între ele încăperile din interiorul clădirilor, neportante sau parţial autoportante şi care nu suportă decît greutatea lor proprie pe unul, două sau cel mult trei niveluri.

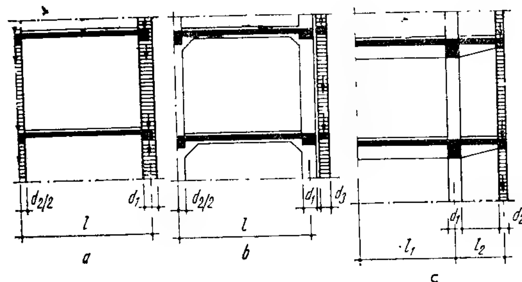


Fig. 7.4. Pereţi din zidărie:
a – portanţi; *b* – autoportanţi; *c* – neportanţi (purtaţi).

Se pot deosebi următoarele elemente verticale principale de zidărie, după poziţia lor în construcţie: *ziduri portante de fundaţie*, parţial sau total angajate în teren şi care transmit terenului încărcările clădirii; *pereţi de elevaţie*, de rezistenţă sau de umplutură, cu cel puţin o faţă degajată din teren care pot fi *pereţi de subsol* şi *de pivniţe*, *pereţi de faţadă* sau *pereţi exteriori* care limitează clădirea spre exterior şi *pereţi de calcan* spre care nu se scurge apa de ploaie,

la care nici o ieşitură nu depăşeşte faţada lor exterioară şi sînt aşezaţi de obicei pe linia terenurilor; *timpane*, adică pereţi exteriori limitaţi de apele acoperişului şi de planul ultimului planşeu sau a reazemelor acoperişului; *aticurile*, ziduri aşezate peste nivelul cornişei (la terase); *pereţi interiori*, longitudinali sau transversali, care separă între ele diferite încăperi ale clădirilor. Pereţii interiori pot fi de rezistenţă, de umplutură sau despărţitori.

Stîlpii de zidărie portantă sînt elemente verticale de rezistenţă, de obicei zvelte, la care raportul dintre dimensiunile maxime şi minime ale secţiunilor orizontale este de cel mult 2, iar înălţimea este de cel puţin 4 ori mai mare decît dimensiunea minimă a secţiunii transversale, orizontale (v. fig. 7.3, *b*). Ei preiau încărcările verticale primite de la elementele de construcţie pe care le suportă. *Coloanele* sînt stîlpi cu secţiune transversală în formă de cerc sau de figură poligonală regulată înscrisă într-un cerc (v. fig. 7.3, *c*). *Pilaştrii sau coloanele angajate* (v. fig. 7.3, *d*) sînt stîlpi sau coloane parţial încorporate în zidărie, la care rămîne cel puţin o faţă văzută. *Contraforturile* (v. fig. 7.3, *e*) sînt elemente verticale masive din zidărie, care îngroaşă din loc în loc un zid lung şi înalt, cu care fac corp comun, pentru a-l face să reziste la împingeri orizontale importante transmise de acoperiş, planşee, materiale depozitate etc. Contraforturile sînt folosite şi la alte structuri de rezistenţă din zidărie pentru preluarea împingerilor orizontale (de exemplu, o cupolă de zidărie rezemată pe stîlpi de zidărie).

Zidăria a fost mult folosită înainte şi la realizarea altor elemente de rezistenţă: orizontale, situate la diferite niveluri; de legătură pe verticală (scări, planuri înclinate) sau pentru repartizarea şi transmiterea încărcărilor în zidărie (cuzineţi, plăci de centrare etc.) şi pentru legarea zidăriilor peste goluri (buiandrugi drepţi sau în arc etc.).

Ca elemente orizontale de rezistenţă se pot menţiona: radiere pentru fundaţii, planşee ceramice între etaje şi structuri de rezistenţă ale acoperişului peste încăperi şi săli cu diferite deschideri, sub formă de elemente curbe, liniare sau de suprafaţă, cum

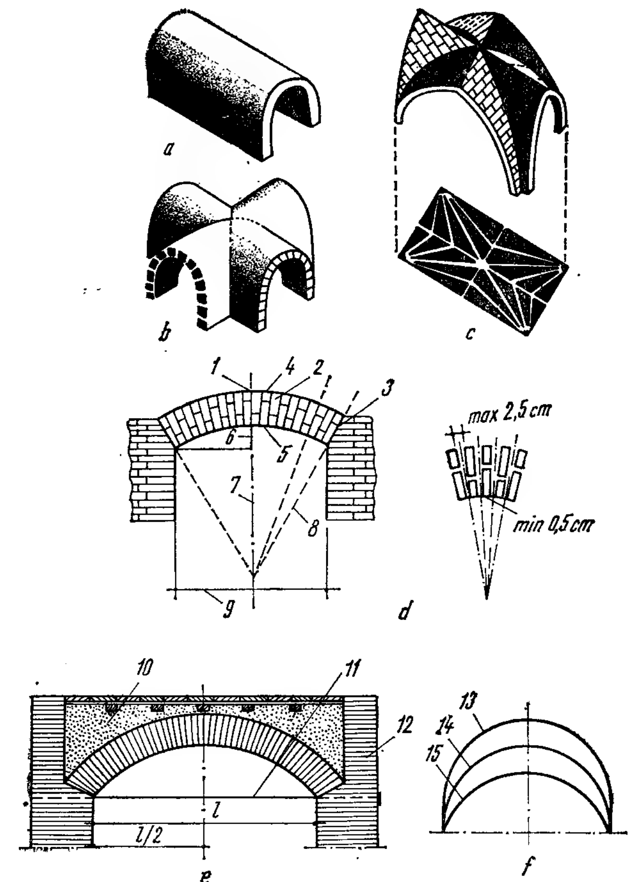


Fig. 7.5. Bolţi şi arce din zidărie:
a – circulară; *b* – în cruce; *c* – cu nervuri; *d* – buiandrug sub formă de arc; *e* – boltă cu simplă curbură pentru planşeu; *f* – forme geometrice de bolţi; *1* – cheia bolţii; 2 – boltari (pietre de zidărie); *3* – naşterea bolţii; *4* – extrados; *5* – intrados; *6* – săgeata bolţii; *7* – axa bolţii; *8* – rosturi radiale; *9* – lumina bolţii; *10* – umplutură; *11* – tirant; *12* – perete; *13* – boltă supraînălţată; *14* – boltă în plin cintru; *15* – boltă pleoştită.

sînt arcele, bolţile şi cupolele din zidărie (fig. 7.5) *Arcul butant* reprezintă un element esenţial al structurilor de zidărie la catedralele gotice, care transmite la teren, prin intermediul coloanelor exterioare, uneori întărite cu contraforturi, împingerile orizontale, rezultate din acţiunea tuturor încărcărilor (permanente, vînt, zăpadă etc.), care provin de la bolţile de ogivă ce acoperă deschiderea principală (nava) sau de la acoperişurile din lemn, executate, în general, peste bolta respectivă (v. fig. 7.3, *f*).

Zidăriile sînt folosite şi în unele elemente de construcţii pentru instalaţii: canale tehnice, termice, de alimentare cu apă şi canalizare; coşuri de fum, sobe şi şemineuri; canale de ventilaţie şi altele.

7.1.2. MATERIALE PENTRU ZIDĂRII

7.1.2.1. **Pietre de zidărie.** Se fabrică într-o mare varietate de forme şi mărimi, dimensiunile maxime fiind limitate, de obicei din considerente tehnologice (evitarea unor contracţii excesive) sau de execuţie (manipulare uşoară). Se utilizează şi produse de dimensiuni mari (fişii, blocuri sau panouri mari), ceramice sau din beton, care pot atinge înălţimea unui etaj, cu sau fără goluri, care elimină rosturile de aşezare şi reduc cheltuielile de manoperă. Blocurile din beton celular au abateri mici dimensionale şi se pot monta cu ajutorul mortarelor de mare rezistenţă şi a adezivilor cu sau fără mortar. Pietrele de zidărie ceramice sau din beton uşor se fabrică într-o mare varietate de forme, cu goluri şi găuri verticale sau orizontale; sînt pietre uşoare, clasele C_1 şi C_2, în general cu indici tehnico-economici de fabricaţie avantajoşi. Blocurile de beton greu se folosesc pentru fundaţii, stîlpi, pereţi de subsol etc., în condiţii de umiditate şi solicitare puternică. Pietrele de zidărie se pot livra cu sortimentul complet (întregi, 1/2 din lungime sau lăţime, 3/4 etc.), ceea ce uşurează executarea zidăriei, eliminînd spargerea (tăierea) lor pe şantier.

Pietrele de zidărie trebuie să îndeplinească condiţiile de marcă, gelivitate, absorbţie de apă etc., prevăzute în prescripţiile tehnice. Ca proprietăţi principale ale pietrelor de zidărie se menţionează: rezistenţa la compresiune şi întindere (directă, indirectă, din încovoiere) sub stare monoaxială sau triaxială de tensiune; modulul de elasticitate E, coeficientul lui Poisson μ şi ductilitatea; starea suprafeţei şi în special rugozitatea; durabilitatea (gelivitatea, coeficientul de înmuiere, rezistenţa la foc şi la agenţii chimici agresivi); absorbţia de apă; densitatea aparentă, sistemul de goluri şi găuri pătrunse; dimensiunile, greutatea şi uşurinţa de manipulare; sortimentul, structura şi conductivitatea termică etc.

Pietrele de zidărie se clasifică după densitatea aparentă medie în clasele: C_1, C_2 şi C_3 cu densitatea aparentă 1000...1300 kg/m³, 1300...1500 kg/m³ şi respectiv 1500...1800 kg/m³, în ultimele decenii fabricîndu-se şi produse foarte uşoare (blocuri cu goluri, ceramice, blocuri din beton uşor, celular sau cu agregate poroase cu 350 kg/m³ $< \gamma_a <$ 1000 kg/m³ sau chiar cu $\gamma_a <$ 350 kg/m³, în cazul blocurilor din materiale plastice).

Rezistenţa la compresiune sau *mărcile* pietrelor de zidărie variază în limite largi, în funcţie de densitatea aparentă. Astfel, rezistenţa la compresiune raportată la suprafaţa brută a pietrei poate fi de: 200...1 400 daN/cm², pentru cărămizi; 30...200 daN/cm², pentru blocuri mici de beton cu goluri; 10...140 daN/cm², pentru blocuri mici din beton celular, cu γ_a = = 400... 700 kg/m³.

De aceea, cărămizile şi blocurile de beton, într-o oarecare măsură, se folosesc pentru pereţii portanţi ai structurilor cu puţine şi multe niveluri. Pentru pereţii portanţi ai clădirilor înalte se folosesc, mai ales, cărămizile de marcă superioară şi cu abateri dimensionale mici. Blocurile din beton celular se folosesc pentru pereţii neportanţi sau portanţi la clădiri joase (1; 2 sau cel mult 3 niveluri). Mărcile curent utilizate pentru pietrele de zidărie sînt 50, 75, 100, 125 şi 150 daN/cm². Mărci mai mari de 150 daN/cm² se folosesc pentru ziduri subţiri (15...38 cm) la structuri înalte (înălţimea limită economică 15...20 etaje) sau pentru utilizări speciale. Rezistenţa la compresiune din încovoiere variază între 10 şi 30% din rezistenţa la compresiune a cărămizilor şi între 20 şi 35% pentru blocurile din beton celular. Rezistenţa la întindere reprezintă, după unele cercetări, circa 1/20...1/30 din marca cărămizilor pline, respectiv cu găuri.

În tabelul 7.1 sînt arătate caracteristicile pietrelor de zidărie folosite în ţara noastră, standardizate sau fabricate pe bază de norme interne. La lucrări de importanţă redusă se pot folosi şi pietre de zidărie recuperate, dacă corespund cerinţelor impuse elementelor respective ale construcţiei.

Rezistenţele normate ale pietrelor de zidărie se consideră egale cu mărcile respective prevăzute în standarde sau alte prescripţii tehnice sau pe baza buletinelor de încercări pentru materialele care nu au mărci prevăzute în prescripţiile tehnice.

Curbele caracteristice $\sigma - \varepsilon$ pentru produsele ceramice sînt apropiate de cele ale materialelor elastice, iar pentru produsele din beton şi silico-calcare asemănătoare cu ale betonului, aceleaşi la compresiune şi întindere. Coeficientul lui Poisson creşte odată cu mărirea eforturilor unitare, de la 0,1 la 0,35 pentru cărămizi.

Valorile orientative pentru modulul de elasticitate, E, se pot aprecia aproximativ cu relaţii de formă asemănătoare ca pentru mortar-beton:

- pentru cărămizi. . . . . $E_c = 300\ R_c$ daN/cm²;
- pentru blocuri mici de beton . . . . $E_{blb} = (500...1\,500)\ R_b$ daN/cm²;
- pentru beton celular . . . . E_{bc} = 10 000; 15 000 şi 25 000 daN/cm², pentru γ_a = 400; 500 şi respectiv 650 kg/m³;
- pentru pietre naturale . . . . $E_{pn} = (4...9) \times 10^5$ daN/cm²,

în care: R_c şi R_b sînt mărcile (rezistenţele de rupere) cărămizilor sau blocurilor.

Absorbţia de apă a pietrelor de zidărie influenţează proprietăţile acesteia. Spre deosebire de caracteristicile de rezistenţă şi de deformare, care cresc odată cu densitatea aparentă, absorbţia de apă variază invers proporţional. Aburirea şi autoclavizarea reduc mult contracţia blocurilor de beton la uscare, care poate provoca uneori fisurarea accentuată a zidăriilor.

Pietrele de zidărie se aleg în funcţie de destinaţia şi de gradul de durabilitate a construcţiei, de climatul şi aşezarea geografică, de poziţia şi rolul elementului de zidărie în construcţie, care determină prin funcţionalitatea sa proprietăţile cerute pentru zidărie.

7.1.2.2. **Mortare de zidărie.** Mortarul din rosturile zidăriei are rolul:

— de a lega între ele pietrele de zidărie cu ajutorul forţelor de adeziune şi de frecare dintre pietre şi mortar, realizîndu-se zidăria ca un material nou, compus, monolit;

Tabelul 7.1

Nr. crt.	Denumirea pietrei	Clasa	Densitatea aparentă medie în stare uscată, kg/m³	Marca, daN/cm²	Rezistența medie la compresiune a 5 epruvete, daN/cm²	Rezistența minimă la compresiune a unei singure epruvete, daN/cm²	Obs
1.	Cărămizi pline presate pe cale umedă	C_3	1500....1800	50 75 100 125 150	50 75 100 125 150	25 50 75 100 125	Notare: plină P; cu găuri la uscare ($\leqslant 15\%$) – P_u
2.	Cărămizi cu găuri verticale executate prin presare pe cale umedă	C_1 C_2	1000...1300 1300...1500	50 75 100 125 150 200	50... 75 75...100 100...125 125...150 150...200 200...250	35 50 75 100 125 150	Notare: G_v
3.	Cărămizi cu găuri orizontale executate prin presare pe cale umedă	C_1	maximum 1300	60 (cal. *A* și I) 40 (cal. II)	60 40	50 35	Rezistența pe fața de așezare
4.	Blocuri mici din beton cu agregate ușoare (pline sau cu goluri)	C_1 C_2 C_3	100...1300 1300...1500 1500...1800	35 50 75 100	35 50 75 100	28 40 60 80	
5.	Blocuri mici și plăci din beton celular autoclavizat		600 700	35 50	– –	– –	Produse la fabricile: Doicești, Militari, Craiova
6.	Blocuri mici ușoare *Alsica* (cenușă și zgură de termocentrală și var pastă), autoclavizate	C_1	1150 (max. 5% umiditate)	75	75	50	Se fabrică de IIMC–Cluj la Aghireș
7.	Cărămizi găurite cu lambă și uluc	C_2	1000...1300 1300...1500	– –	– –	– –	Pentru pereți despărțitori

– de a transmite și repartiza cît mai uniform eforturile în zidărie de la o piatră la alta, asigurînd astfel o distribuție mult mai uniformă a tensiunilor pe suprafața pietrelor decît se poate realiza prin simplul lor contact;

– de a micșora permeabilitatea la agenți atmosferici (ploaie, vînt etc.) prin umplerea cît mai completă a rosturilor dintre pietre, ceea ce mărește etanșeitatea zidăriei.

Pentru zidăriile obișnuite se folosesc *mortare simple* (de var, ciment sau ipsos), cît mai ales *mortare mixte*, amestecate (de var-ciment sau ciment-var), în proporții rezultate după scopul urmărit: mărirea rezistenței sau a lucrabilității mortarului.

Pentru pereții portanți puternic solicitați, cum sînt pereții clădirilor înalte, se pot utiliza *mortare de înaltă rezistență*, cu adeziune sporită, care îmbunătățesc rezistența zidăriei la întindere. Mortarele superioare pot fi mortare de ciment sau de var modificate cu polimeri, ca de exemplu: mortare de ciment cu adaos de latex sau mortare simple numai din polimeri (rășini epoxidice, cu sau fără latex sau adaos de ciment). Din cauza costului lor ridicat, zidăria se execută cu rosturi de grosimi reduse la cîțiva milimetri, reducerea grosimii rostului conduce la sporirea rezistenței zidăriei. Aceasta este posibil numai dacă pietrele de zidărie au dimensiuni foarte exacte, cu abateri dimensionale neînsemnate; în acest caz se poate executa și zidărie uscată fără mortar, cu legături metalice, ca în cazul zidăriei din blocuri de beton celular.

Folosirea mortarelor cu agregate ușoare avînd $\gamma_a \leqslant 15\ 000$ N/m³ îmbunătățește proprietățile termice ale zidăriei, dar reduce rezistența sa (cu circa 15%), pentru aceleași mărci de mortar.

Mortarele de zidărie trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în STAS 1 030-70 *„Mortare obișnuite pentru zidării și tencuieli, clasificare și condiții tehnice"*.

Mortarele sînt caracterizate prin:

– *proprietățile mortarului proaspăt:* consistența și densitatea aparentă, în stare proaspătă, tendința de segregare și capacitatea de reținere a apei, în vederea lucrabilității; aceste caracteristici determină proprietățile mortarului întărit și productivitatea zidarului;

– *proprietățile mortarului întărit:* rezistența la compresiune, rezistența la întindere din încovoiere și densitatea aparentă la mortare în stare uscată, rezistența la îngheț-dezgheț și adeziunea.

Se recomandă următoarele limite pentru consistența mortarelor la zidării din:

– cărămizi sau blocuri pline 8...13 cm;
– cărămizi sau blocuri cu găuri verticale 7... 8 cm;
– blocuri de piatră sau beton, compacte 4... 7 cm;
– blocuri mici și plăci din beton celular 11...12 cm.

Condițiile atmosferice, ca temperatura și umiditatea relativă a aerului pot influența mult lucrabilitatea și consistența. Consistențele maxime se folosesc mai ales pe vreme călduroasă și cu vînturi puternice, pentru a compensa evaporarea apei, cînd durata de menținere a lucrabilității lor poate fi serios redusă. Coeficientul de segregare trebuie să fie mai mic de 50 cm³.

Capacitatea de reținere a apei este măsura aptitudinii mortarului de a reține apa și de a împiedica trecerea apei în pietrele de zidărie cu sucțiune mare. Aceasta este influențată, în mare măsură de granulozitatea agregatului și de conținutul de apă și de var. O granulozitate mai fină, un conținut sporit de var

Tabelul 7.2

Marca mortarului	Valoarea minimă a rezistenței la smulgere la 28 zile, daN/cm²		
	Natura suportului		
	Ceramic	Beton greu sau piatră	Beton ușor
10	2,0	—	—
25	3,0	—	0,8
50	4,0	1,5	1,2
100	4,5	1,5	—

și reducerea conținutului de apă sporesc capacitatea de reținere a apei, care este redusă la mortarele de ciment, mijlocie la mortarele amestecate și cea mai mare la mortarele de var.

Valoarea medie a adeziunii la suport a mortarelor de zidărie și tencuială, exprimată prin rezistența de smulgere, trebuie să fie cel puțin egală cu valorile date în tabelul 7.2. După cum se observă, adeziunea mortarelor cu pietrele de zidărie depinde de porozitatea pietrei, marca și modul de întărire a mortarului, care sînt influențate de natura liantului și agregatului. Se recomandă ca mortarele de var, cu întărire de natură fizico-chimică în aer, să se folosească în zidării cu pietre avînd o absorbție minimă de apă, în greutate de 8...10%, cînd trecerea apei din mortar în pietre permite ridicarea zidăriei în ritm rapid, fără debordarea mortarului din rosturile orizontale sub acțiunea greutății cărămizilor. Zidăria cu pietre puțin poroase, aproape compacte, cu absorbție de apă în greutate < 10%, se execută cu mortar de ciment, cu întărire hidraulică, deoarece din cauza porozității mici a pietrelor nu are loc „setea cimentului" din mortar, care se produce cînd cimentul este lipsit de apă chimică de hidratare, prin absorbția sa rapidă de către pietrele de zidărie. Efectele nefavorabile ale sucțiunii mari a produselor ceramice obișnuite, cu absorbție de apă de 8...18%, se pot reduce prin udarea lor prealabilă. Nu se recomandă udarea blocurilor de beton înainte de punerea lor în operă, deoarece aceasta poate spori contracția zidăriei.

După rezistența la compresiune, mortarele se clasifică în : mortare cu mărci joase, M_4 ; mijlocii M_{10} ; M_{25} și superioare M_{50} ; M_{100} ; M_{150} și M_{200}, ultimele două mărci cu utilizări speciale la zidăria vibrată, zidăria de înaltă rezistență etc. Rezistențele la compresiune a mortarelor variază în limite largi : 1...10 daN/m², pentru mortare de var ; 15...300 daN/cm², pentru mortare de ciment cu var, și poate atinge 500 daN/cm², pentru mortare de ciment cu adaos de latex. Mărcile mortarelor reprezintă totodată rezistențele lor normate. În tabelul 7.3 sînt dați coeficienții de reducere a rezistențelor la compresiune a mortarului, în funcție de vîrsta acestuia.

Modulul de elasticitate a mortarului E_m se poate evalua aproximativ cu relația : $E_m = 1\,000\ R_m$, unde R_m este rezistența de rupere a mortarului la compresiune. Coeficientul lui Poisson este pentru cele mai multe mortare de var și de ciment de ordinul 0,2 și crește repede odată cu apropierea de rezistența uniaxială a mortarului.

În general, caracteristicile de deformare (modulul de elasticitate, curgerea lentă, contracția) ale mortarelor de ciment sînt asemănătoare cu cele ale betoanelor. Mortarele de var au contracții mai mari, curbe caracteristice $\sigma - \varepsilon$ aproape liniare și sînt mai deformabile. Diferitele proprietăți ale mortarelor (de rezistență, de deformare, termice etc.) se pot aprecia cu ajutorul unor relații, considerînd mortarul ca un material compus, din agregat și piatră de ciment, ca în cazul betonului.

Tabelul 7.3

Marca mortarului	Vîrsta mortarului, zile					
	3	7	14	28	60	90
10 ; 25	0,20	0,35	0,60	1,00	1,50	1,70
50 ; 100	0,25	0,45	0,70	0,10	1,50	1,40

Mortarele de zidărie se aleg (ca marcă și compoziție) ținînd seama de condițiile tehnice : capitale, mecanice, fizice etc., pe care trebuie să le îndeplinească elementul de zidărie, în funcție de poziția și rolul său în construcție, cît și de natura și porozitatea pietrelor de zidărie, de grosimea și de vîrsta la încărcare a zidăriei, precum și de alte condiții specifice construcției și amplasamentului.

Cele mai folosite mortare sînt mortarele mixte (amestecate) pe bază de var cu adaos de ciment sau de ciment cu plastifianți. Prescripțiile tehnice cuprind indicații pentru compoziție (dozaje uzuale și minime), pentru mărcile minime necesare la diferite grade de durabilitate, ca și pentru caracteristicile de rezistență și de deformare la diferite vîrste ale mortarelor, la temperatură normală și pentru temperaturi mai mici de +15°C. Nu se consideră creșterea rezistenței mortarelor în timp, după 28, 90 și 7 zile în cazul mortarelor de ciment, de var, respectiv de ipsos.

7.1.3. TIPURI DE ZIDĂRIE

7.1.3.1. **Indicații generale pentru țeserea zidăriei pline.** Comportarea zidăriei portante sub încărcări ca un tot monolit se datorează legării pietrelor de zidărie între ele prin țesere și cu ajutorul mortarului. Se deosebesc rînduri de pietre puse în lung — ***lunguri*** — sau puse de-a curmezișul pe lat, transversal — ***curmezișuri*** (fig. 7.6).

La realizarea zidăriei pereților portanți trebuie respectate următoarele reguli de țesere :

— rosturile orizontale trebuie să fie plane și orizontale pentru ca încărcările gravitaționale (verticale) să acționeze la compresiune, perpendicular pe rosturile de zidărie. Încărcările verticale sînt dirijate, de obicei, după normală sau fac cu normala la secțiunea orizontală de zidărie un unghi mai mic de 15°. Rosturile orizontale au grosimi de 12 mm, iar cele verticale, transversale și longitudinale, grosimi de 10 mm. Legătura zidăriei se realizează prin alternarea succesivă a rîndurilor de pietre puse în lung și de-a curmezișul sau a rîndurilor mixte din pietre așezate în aceeași secțiune orizontală în lungul și de-a curmezișul, însă diferit de la un rînd la altul ;

— rosturile verticale transversale trebuie să fie perpendiculare pe fețele văzute ale pereților, pentru a se evita pericolul de dislocare a pietrelor de zidărie, sub efectul de pană produs de deformațiile transversale mari ale pereților supuși la flambaj (fig. 7.7) ;

— rosturile verticale transversale trebuie să fie țesute la un rînd sau la mai multe rînduri ; unui rost dintr-un rînd trebuie să-i corespundă un plin în rîndul următor ; în acest fel se evită formarea de stîlpișori izolați, ca în cazul zidăriei fără legături, care lucrează independent, împiedică repartizarea uniformă a eforturilor în zidărie și este supusă distrugerii prin flambaj la solicitări mici, stîlpișorii formați, înalți și subțiri, fiind puternic solicitați.

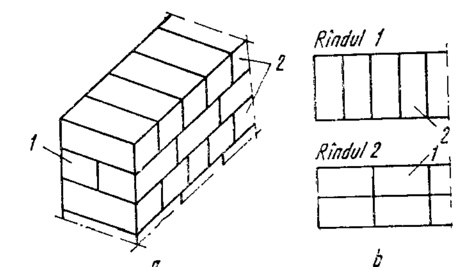


Fig. 7.6. Așezarea blocurilor de zidărie în operă :
a — vedere ; *b* — plan ; *1* — lunguri ; *2* — curmezișuri.

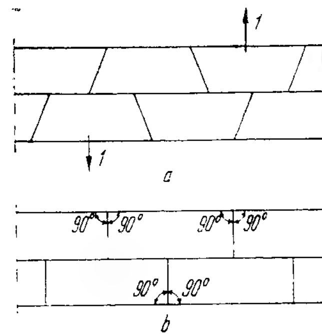


Fig. 7.7. Dispunerea rosturilor verticale, transversale față de fețele văzute ale pereților:
a — greșit, pietrele se dislocă din zidărie; *b* — corect; *1* — direcția de dislocare a pietrelor de zidărie.

De aceea, pentru o legătură normală a zidăriei din pietre regulate, se recomandă ca zidăria de cărămidă să aibă un rînd de cărămizi de-a curmezișul, pe lat, cel mult după 5 sau 6 rînduri de cărămizi puse în lung; zidăria din pietre naturale de formă regulată să aibă un rînd de-a curmezișul, pe lat, cel mult după 3 rînduri lunguri, iar rosturile verticale, transversale să fie decalate de la un rînd la altul cu 1/4...1/2 din lungimea pietrei, în cazul legăturilor la un rînd (fig. 7.8).

Legătura transversală între rîndurile izolate verticale de cărămizi dintr-un perete se poate realiza și cu legături metalice, proteja anticorosiv, din oțel (scoabe din oțel lat sau oțel-beton).

7.1.3.2. **Zidării pline.** Zidăria plină din cărămizi și blocuri ceramice cu găuri verticale se execută cu legătura la un rînd sau la mai multe rînduri, ultima fiind introdusă de constructorii sovietici pentru pereți mai groși de 2 cărămizi. Țeserea zidăriei la colțurile, ramificațiile și intersecțiile zidurilor cu legătura la un rînd se face ca în figura 7.9. Țeserea se realizează cu cărămizi de completare: trei sferturi, jumătăți etc., obținute prin despicarea cărămizilor întregi sau cu produse speciale, mai ales la blocurile cu goluri și cu față văzută. Zidăria din blocuri ceramice cu goluri orizontale se execută, de obicei, cu rînduri de blocuri puse în lung.

Țeserea zidăriei pline din blocuri mici de beton seamănă, în general, cu cea a pietrelor naturale de formă regulată, realizîndu-se:

— cu legătură prin țesere cu blocuri înguste (jumătăți de blocuri) puse în lung, cu decalarea rostului vertical cu un sfert din lungimea blocului (fig. 7.10, *a*);

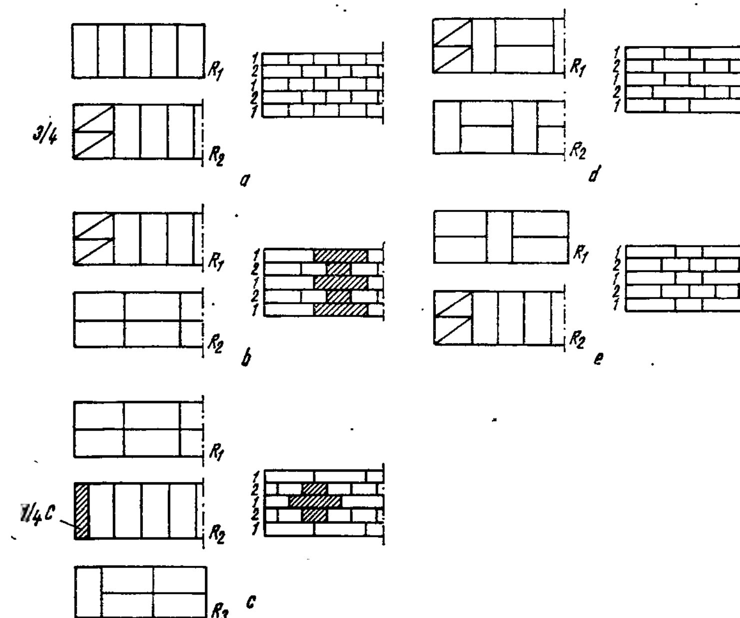


Fig. 7.8. Țeserea pietrelor de zidărie pentru un perete de o cărămidă grosime, cu legătura la un rînd:
a — obișnuită; *b* — bloc; *c* — cruce; *d* — olandeză; *e* — gotică sau poloneză.

— cu legătura la trei rînduri printr-un rînd de blocuri puse de-a curmezișul (fig. 7.10, *b*);

— cu legături metalice (scoabe din oțel lat sau oțel-beton), montate în rosturile orizontale și care solidarizează cei doi pereți separați din blocuri puse în lung (fig. 7.10, *c*).

Cînd legăturile metalice sînt montate în mortare cu dozaj de ciment mai mic de 150 kg/l m³, ele trebuie protejate anticorosiv prin acoperire cu un strat subțire de bitum sau cu lapte de ciment cu adaos de polimeri sau caseină etc.

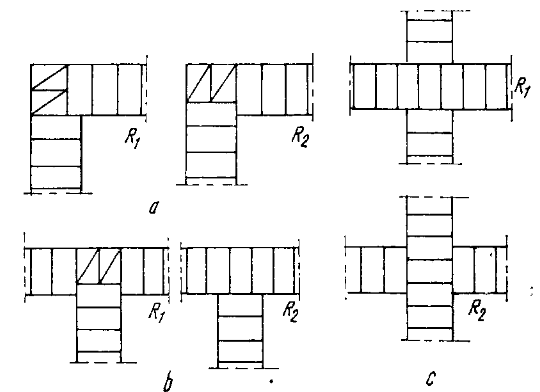


Fig. 7.9. Colțuri, intersecții și ramificații la un perete de o cărămidă grosime cu legătura la un rînd:
a — colț; *b* — ramificație; *c* — intersecție; R_1 — primul rînd; R_2 — al doilea rînd.

Țeserea pietrelor de zidărie (cărămizi, blocuri mici sau mari) cu înălțimi diferite (63, 88, 138, 188 mm) se asigură prin realizarea de rosturi sau asize orizontale continue la 30 sau 60 cm (fig. 7.11).

Blocurile mici din beton celular autoclavizat au dimensiuni exacte din fabricație, cu abateri dimensionale mici, astfel încît zidăria se execută cu rosturi orizontale de grosime mică (⩾ 3 mm) sau chiar prin țesere uscată, așa cum egiptenii, grecii, incașii și alte popoare au realizat zidării uscate remarcabile din blocuri mari de piatră cioplită.

7.1.3.3. **Zidării armate.** Zidăria nearmată se poate considera ca un material neductil și extrem de casant, cu rezistență moderată la compresiune și rezistențe foarte reduse la întindere și forfecare. Zidăria se armează în vederea sporirii

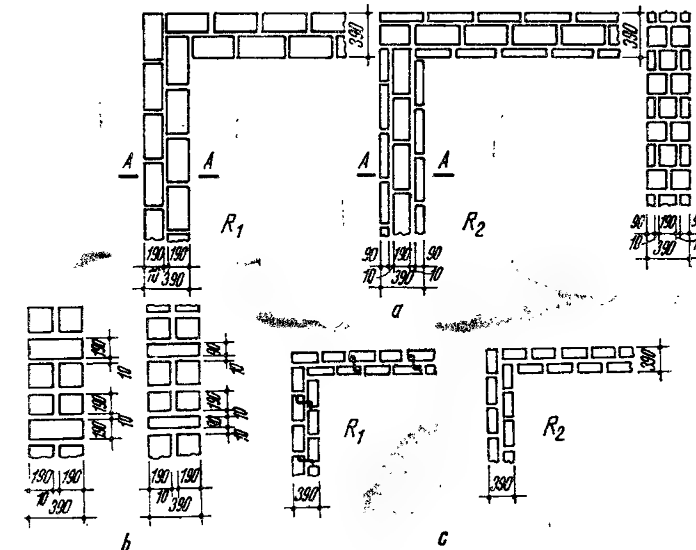


Fig. 7.10. Sisteme de țesere pentru zidăriile din blocuri mici de beton, cu grosimea de 390 mm, cu legături realizate:
a — prin blocuri înguste; *b* — prin curmezișuri amplasate la trei rînduri; *c* — cu scoabe metalice.

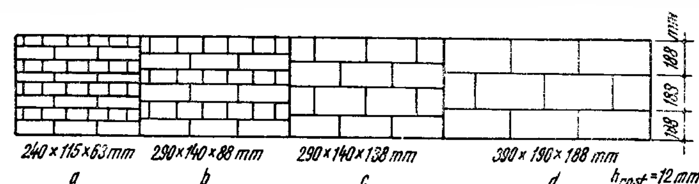


Fig. 7.11. Realizarea asizelor orizontale la zidării cu pietre de înălțimi diferite :

a—cu pietre avînd 63 mm înălțime; *b*—cu pietre avînd 88 mm înălțime; *c*—cu pietre avînd 138 mm înălțime; *d*—cu pietre avînd 188 mm înălțime.

rezistențelor sale la întindere, forfecare, compresiune și încovoiere și a prevenirii fisurării datorită variațiilor de umiditate (contracție, umflare) și de temperatură, din curgere lentă sau datorită unor încărcări accidentale (vibrații, tasări diferențiale etc.).

Zidăria cu armare transversală se execută cu plase așezate în rosturile orizontale ale pereților (fig. 7.12, *a*, *b*, *c*) sau stîlpilor (fig. 7.12, *d*, *e*).

Armarea longitudinală pe înălțimea zidăriei se realizează cu distribuție concentrată, ca în cazul pereților consolidați cu stîlpișori de beton armat (v. fig. 7.2) sau cu distribuția uniform repartizată pe lungimea peretelui, rar folosită la noi în țară. Armătura longitudinală poate fi amplasată în diferite sisteme :

— *exterioară*, cu execuție mai ușoară și protecție anticorosivă; sporește capacitatea portantă a zidăriei și permite folosirea mai eficace a armăturii (fig. 7.13, *a*) ;

— *interioară*, cu execuție mai greoaie și folosire, în special, pentru stîlpi cu grosimi mai mari de 2 cărămizi și supuși acțiunii agresive sau unor temperaturi mari. Se recomandă rosturi verticale mai mari cu 5 mm decît diametrul armăturii și ancorarea barelor întinse (fig. 7.13, *b*, *c*) ;

— *montată în golurile blocurilor*, realizate din beton ușor, uneori cu față văzută, cu forme geometrice și goluri corespunzătoare pentru montarea armăturii verticale și apoi pentru umplerea lor cu mortar (fig. 7.14) ;

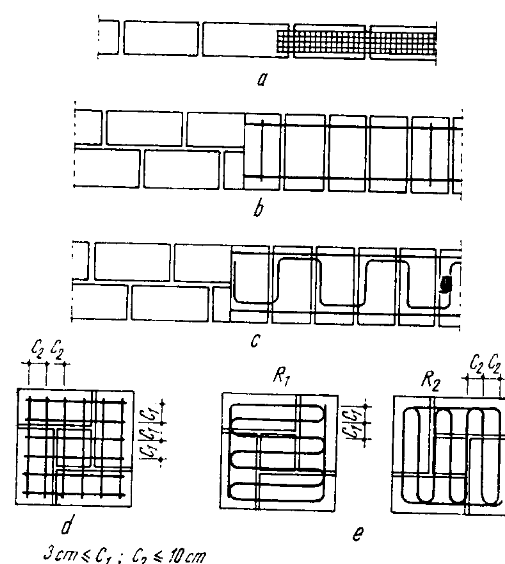


Fig. 7.12. Zidării cu armare transversală :

a —zid de 1/2*c* grosime, armat cu plasă din sîrmă de oțel trasă la rece sau benzi de ștanțare, așezate cruciș; *b* — zid de 1 *c* grosime, armat cu grătare din oțel-beton; *c* — zid de 1 *c* grosime armat cu bare îndoite (pieptene, zigzag); *d*—stîlp 1 1/2 *c*×1 1/2*c*, armat cu grătare din plasă de sîrmă trasă la rece; *e* — stîlp 1 1/2 *c* × 1 1/2 *c* armat cu bare din oțel-beton îndoite, așezate cruciș în două rînduri succesive.

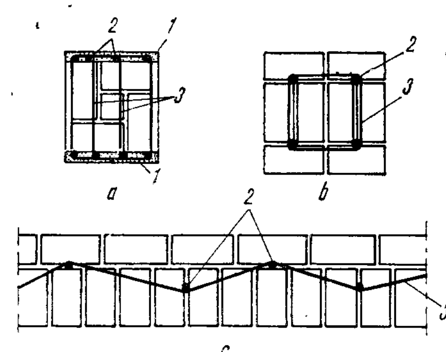


Fig. 7.13. Zidărie cu armare longitudinală :

a—stîlp cu armătura dispusă spre exterior; *b* — stîlp cu armătura dispusă în interiorul zidăriei; *c* — zid cu armătura dispusă la interior; *1*—mortar de ciment; *2*—bare verticale din oțel-beton; *3* — etrieri.

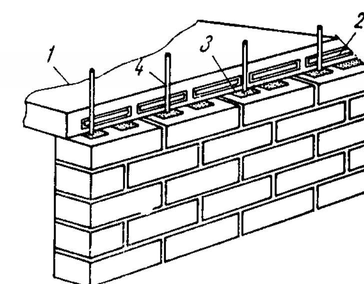


Fig. 7.14. Zidărie cu armare longitudinală montată în golurile blocurilor de zidărie :

1—planșeu prefabricat; *2*—praguri de forfecare; *3*—golul blocului umplut cu mortar; *4*—armătură verticală.

— *interioară, în miezul din mortar fluid*, turnat între doi pereți subțiri exteriori de zidărie, alcătuind pereți dubli, denumiți *zidărie cu inimă armată* (fig. 7.15) ;

— *cu eforturi inițiale*, folosită în ultimul timp la precomprimarea pereților cu ajutorul toroanelor sau la executarea recipienților de lichide.

F r e y s s i n e t a arătat că „numai grație precomprimării naturale, datorită greutății proprii, un zid rezistă solicitărilor, care tind să-l răstoarne, iar permanența acumulărilor realizate de natură sau de oameni este asigurată".

Zidăriile cu armătură longitudinală montată în golurile blocurilor, cele cu inimă armată sau cu eforturi inițiale se folosesc la clădiri cu puține și cu multe niveluri supuse la acțiuni orizontale, provenind din vînturi puternice sau cutremure.

Pentru a putea considera conlucrarea armăturii cu zidăria la verificarea stării ultime de compresiune, încovoiere și forfecare, ca și a stărilor limită de exploatare, se iau măsuri corespunzătoare privind aderența armăturii cu zidăria, ancorajul său și protecția anticorosivă. Tensiunile locale de întindere, cum sînt cele din zonele de aplicare a încărcărilor concentrate, se pot prelua prin armătură. De asemenea, armătura se poate folosi în structurile de zidărie pentru a spori ductilitatea și rezistența la încărcări excepționale (seisme, explozii etc.). Zidăria armată și complexă, cu mortare plastice și adezivi sintetici, se poate folosi pentru elemente structurale solicitate, în principal, la încovoiere și forțe tăietoare (console, grinzi, grinzi-pereți etc.), pe baza unei atente cunoașteri a comportării lor mecanice. Măsurile constructive pentru zidăriile armate sînt cuprinse în prescripțiile tehnice de specialitate.

7.1.3.4. **Alte tipuri de zidării.** *Zidăriile mixte* utilizează, de obicei, două pietre sau materiale de zidărie; se folosesc la zidăriile de subsol realizate din beton sau piatră naturală cu fața interioară din cărămizi (v. fig. 7.1, *c*, *d*) sau la zidăriile de fațadă realizate din cărămidă, cu fața văzută executată din pietre de fațadă sau cu placaje ceramice, din beton decorativ sau din pietre naturale.

Ca *zidărie ușoară cu goluri* se folosesc zidăriile cu straturi de aer avînd rosturile verticale longitudinale dinspre partea exterioară lărgite pînă la 40...50 mm, zidăriile ușoare sub formă de jgheab (fig. 7.16) și zidăriile cu goluri și doi pereți subțiri-diafragme, cum este zidăria americană (fig. 7.17). Se recomandă umplerea golurilor cu materiale termoizolatoare, mai ales pentru pereții exteriori. În figura 7.18 sînt prezentate soluții de pereți din zidărie cu strat de aer ventilat. Straturile verticale componente ale pereților cu strat de aer se solidarizează cu ancore metalice protejate contra coroziunii, care se montează pînă la 5 cm distanță de fețele văzute ale celor două straturi, cîte 5 bucăți pe metru pătrat de perete

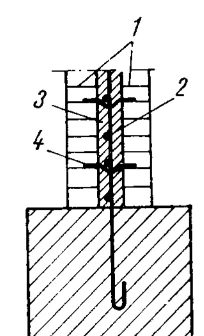


Fig. 7.15. Perete din zidărie cu inimă armată :

1—pereți subțiri de 12,5cm grosime; *2*—rețea din oțel-beton ductil; *3*—inimă din mortar de ciment sau beton; *4*—ancore de legătură.

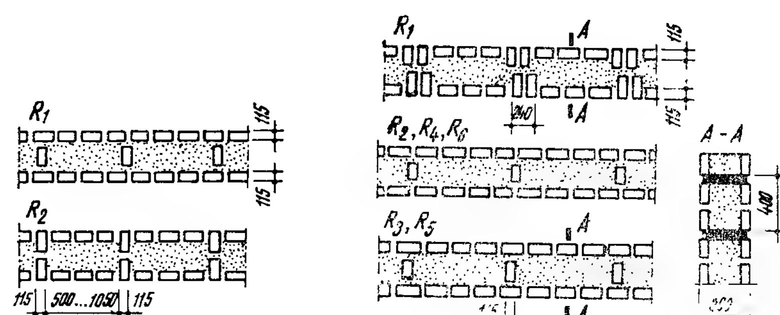


Fig. 7.16. Pereţi realizaţi în diverse sisteme de ţesere din zidărie uşoară sub formă de jgheab.

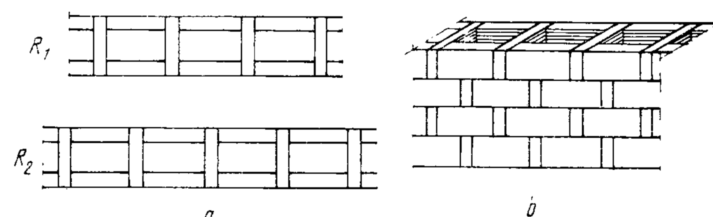


Fig. 7.17. Zidărie cu goluri (sistem american):
a — plan; *b* — vedere.

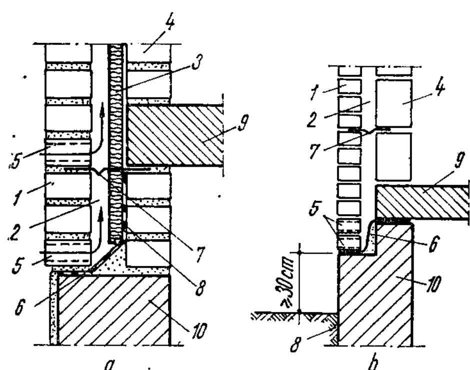


Fig. 7.18. Pereţi din zidărie cu strat de aer ventilat:

a — cu strat de izolaţie termică; *b* — cu blocuri de beton celular autoclavizat; *1* — strat exterior din zidărie de cărămidă; *2* — strat de aer de aproximativ 4 cm grosime; *3* — plăci termoizolatoare rigide; *4* — strat interior din zidări de cărămidă sau de beton celulat autoclavizat; *5* — găuri de ventilare (rosturi neumplute, pietre de zidărie cu goluri); *6* — izolaţie hidrofugă orizontală; *7* — ancore metalice; *8* — izolaţie hidrofugă verticală; *9* — planşeu peste subsol; *10* — perete de subsol.

sau cu armătură continuă din bare de oţel-beton aşezate în zigzag sau sub formă de pieptene. Ventilarea stratului de aer se face prin găuri de ventilaţie executate în peretele component exterior, cu o secţiune de ventilaţie mai mare de 10 cm² pe m de perete şi pe înălţimea etajului, ceea ce se realizează cu pietre speciale de zidărie sau prin anumite rosturi verticale lărgite ale stratului exterior de perete.

Zidăria vibrată este folosită la realizarea prefabricatelor de zidărie cu lăţime mai mare de 40 cm, sub formă de blocuri mari (fig. 7.19) sau panouri mari (fig. 7.20), din produse ceramice, blocuri de beton uşor sau din pietre naturale, pline sau cu găuri, folosind uneori şi precomprimarea. Panourile mari ceramice pentru pereţi pot avea dimensiunile unei camere sau mai mari şi pot căpăta forme mult diferite, mai ales în cazul panourilor de faţadă şi al pereţilor cortină.

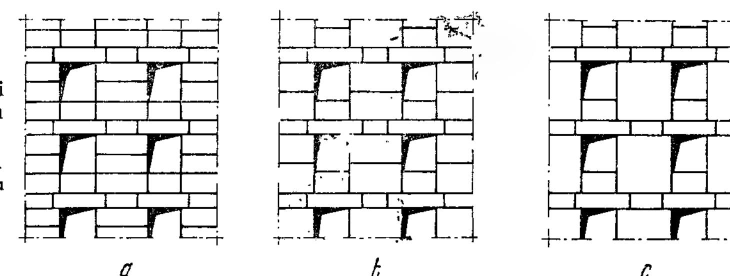


Fig. 7.19. Pereţi din blocuri mari realizate din beton uşor:

a — cu patru asize pe nivel; *b* — cu trei asize pe nivel; *c* — cu două asize pe nivel.

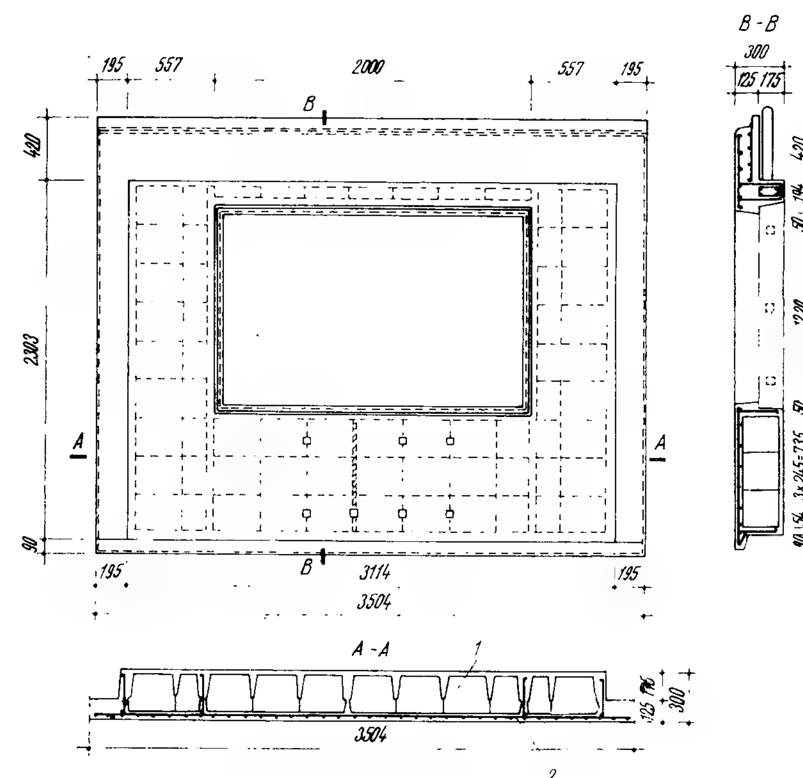


Fig. 7.20. Panou ceramic pentru perete exterior neportant, utilizat de ICPROM-Iaşi [109]:

1 — bloc ceramic; *b* — mortar vibrat.

Pentru consolidarea şi sporirea capacităţii portante a zidăriei supusă la compresiune centrică sau cu excentricitate mică se folosesc *cămăşueli* (fig. 7.21) executate din beton armat cu grosime 6...10 cm, metal sau tencuială armată, care împiedică deformaţiile transversale ale elementelor, lucrînd ca o fretă.

7.1.3.5. **Executarea lucrărilor de zidărie.** Pentru o bună execuţie a zidăriei se recomandă umplerea cît mai completă a tuturor rosturilor cu mortar; umezirea prealabilă a produselor ceramice cu absorbţie mare (IRA > 20), evitînd supraumezirea; evitarea preumezirii blocurilor de beton; folosirea mortarelor

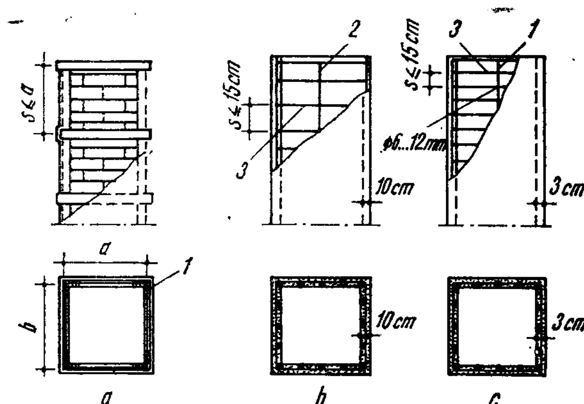


Fig. 7.21. Zidărie întărită cu cămășuieli:
a – din oțel; *b* – din beton armat; *c* – din tencuială armată; *1* – profil metalic; *2* – armătură verticală; *3* – etrier.

cu o bună lucrabilitate și o capacitate mare de reținere a apei; folosirea pietrelor cu toleranțe dimensionale mici, atent controlate înainte de punerea în operă; protecția lucrărilor împotriva intemperiilor.

Execuția zidăriilor trebuie să respecte regulile tehnice privind aprovizionarea materialelor, prepararea și punerea în operă a mortarului, pregătirea pietrelor de zidărie, executarea și țeserea zidăriei, protecția și păstrarea zidăriei proaspăt executate, ca și regulile de execuție a zidăriei pe timp friguros, cînd se execută la temperaturi coborîte. Este de dorit evitarea utilizării pietrelor de zidărie de diferite tipuri în același element de zidărie și a produselor de zidărie mai mici decît jumătate din grosimea elementului de construcție. O atenție deosebită trebuie acordată țeserii zidăriilor la colțuri, intersecții și ramificații.

Rosturile realizate din mortare cu adezivi trebuie să aibă o grosime medie de 3 mm, fiind indispensabilă așezarea cu ajutorul nivelmetrului a primului rînd pentru a ușura punerea în operă a rîndurilor următoare. Rosturile mortarelor obișnuite trebuie să aibă o grosime uniformă (8...12 mm), iar pietrele de zidărie trebuie puternic apăsate și bine îngropate în rosturile pline cu mortar. Cînd întărirea mortarului a început deja și trebuie continuată zidăria, se perie și se udă suprafața mortarului pentru a ușura adeziunea noilor porțiuni de zidărie.

Eflorescențele, care apar pe suprafețele văzute ale zidăriilor ceramice, sînt datorate prezenței sărurilor solubile, umidității, porozității elementelor de construcție ca și influențelor constructive și din precipitații, care condiționează dizolvarea și transportul sărurilor. Eflorescențele strică adesea aspectul fațadelor, dar de cele mai multe ori nu sînt periculoase. În cel mai nefavorabil caz, formarea eflorescențelor este datorată unei umidități permanente, de exemplu, cînd elementul de construcție este permanent în contact direct cu apa subterană sau cu umiditatea ascensională a terenului. Cea mai indicată metodă de eliminare a eflorescențelor constă în uscarea și îndepărtarea umezirii zidăriilor, fiind necesare măsuri speciale în cazul eflorescențelor colorate.

7.2. PROPRIETĂȚILE ZIDĂRIEI

Zidăriile sînt *materiale compuse* ale căror proprietăți sînt controlate (determinate) de proprietățile materialelor componente (pietre de zidărie, mortar, armătură, beton) și de interacțiunea lor, astfel că produsul final are proprietăți diferite de cele ale materialelor componente sau chiar avantaje, depășind proprietățile materialelor componente luate independent. Relațiile pentru stabilirea principalelor proprietăți ale zidăriilor se exprimă, de obicei, pe baza proprietăți-

lor materialelor componente, a fenomenelor și legilor interacțiunii dintre ele, ca și în cazul altor materiale compuse (beton, beton armat, materiale plastice, mortar etc.).

7.2.1. PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE ZIDĂRIEI SOLICITATĂ LA COMPRESIUNE CENTRICĂ

7.2.1.1. **Stadiile de lucru și mecanismul de rupere a zidăriilor solicitate la compresiune centrică.** În timpul încărcării treptate a elementelor de zidărie (stîlpi, pereți) solicitate la compresiune axială, normală, pînă la încărcarea de rupere, se deosebesc patru stadii (fig. 7.22), în funcție de valoarea eforturilor reale, efective. *În primul stadiu*, $N < N_{fis}$, zidăria nu prezintă fisuri. *În al doilea stadiu*, $N = N_{fis}$, apar primele fisuri la unele cărămizi datorită eforturilor de întindere, încovoiere și forfecare. Valoarea încărcării de fisurare N_{fis} depinde de proprietățile mecanice și de deformabilitatea celor două materiale componente, ca și de modul de execuție. Fragilitatea zidăriei crește (ceea ce se poate aprecia prin valoarea mai ridicată a raportului N_{fis}/N_r, cît mai apropiată de unu) odată cu creșterea rigidității mortarului și a înălțimii pietrei (tab. 7.4.). Rezerva de siguranță după fisurare la mortarele de var care sînt mai deformabile este de (0,4...0,5) N_r, față de cele de ciment, mai rigide la care rezerva este de (0,2...0,3) N_r. De aceea, apariția fisurilor chiar neînsemnate la o zidărie de vîrstă mai înaintată, executată cu mortar de ciment arată o supraîncărcare, rezervă mică de siguranță și necesită imediat o analiză a cauzelor apariției fisurilor și luarea unor măsuri imediate. Apariția unor fisuri în structuri constituie în majoritatea cazurilor un semnal, fiind necesară urmărirea în timp a comportării lor sub încărcări. Odată cu mărirea încărcărilor are loc alungirea și deschiderea primelor fisuri și apariția de noi fisuri, care se unesc între ele și cu rosturile verticale, iar zidăria începe să se desfacă la mijlocul înălțimii în stîlpișori verticali separați, solicitați excentric. Este *al treilea stadiu* în care distrugerea zidăriei are loc datorită dezvoltării tensiunilor de întindere și forfecare în cărămizi și a flambajului stîlpișorilor subțiri, comprimați excentric (fig. 7.23). Începutul celui de *al IV-lea stadiu* considerat ca stadiu de avarie, se consideră cînd deschiderea fisurilor continuă încet, chiar dacă încărcarea rămîne constantă și se produce

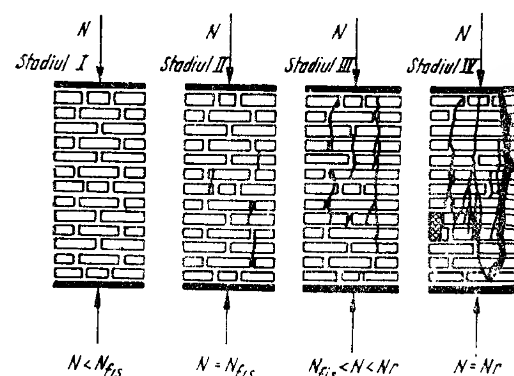


Fig. 7.22. Stadii de lucru ale zidăriei solicitată la compresiune.

Tabelul 7.4

Tipul mortarului	Raportul N_{fis} : N_r la o vîrstă a zidăriei, în zile de:		
	3	28	720
de ciment	0,6	0,7	0,8
de ciment și var	0,5	0,6	0,7
de var	0,4	0,5	0,6

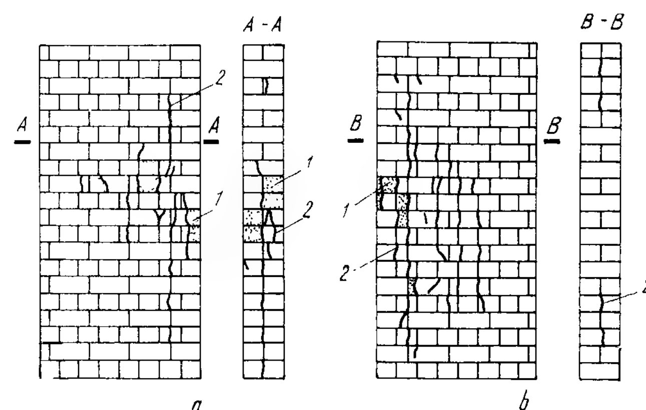


Fig. 7.23. Posibilităţi de fisurare a unui perete din zidărie de cărămidă, comprimat centric:

1 — cărămizi supuse la eforturi mari de întindere şi forfecare; *2* — fisuri.

la încărcări egale cu (0,8...0,9) N_r. În stadiul al IV-lea de rupere fisurile evoluează brusc chiar pentru un spor mic de încărcare, iar zidăria este împărţită în stîlpişori izolaţi, nelegaţi între ei; ruperea are loc datorită depăşirii tensiunilor de întindere şi forfecare şi în special, datorită flambajului stîlpişorilor subţiri sub acţiunea compresiunii excentrice.

Stările complexe de tensiuni în diferitele stadii de lucru ale zidăriei comprimate sînt determinate de diferenţele dintre proprietăţile celor două materiale componente şi în primul rînd de deformabilitatea lor diferită, rezistenţele şi deformabilitatea mortarului fiind, în general, mai mici decît ale pietrelor de zidărie. La încărcarea zidăriei, cărămizile şi mortarul se deformează lateral, dar deformaţiile transversale ale mortarului sînt mai mari decît ale cărămizilor; ambele materiale fiind legate între ele prin frecare şi adeziune sînt obligate a avea aceleaşi deformaţii transversale în zona de contact. În acest caz, cărămizile opresc deformaţia mortarului, care produce o deformaţie suplimentară a cărămizilor. Astfel, pietrele de zidărie sînt solicitate la întindere transversală, care se adaugă la tensiunea de compresiune verticală din acţiunea exterioară, iar mortarul, care este mai puţin rigid, este supus la o tensiune laterală de compresiune, fiind împiedicat de a se deforma lateral (fig. 7.24). Mortarul se zdrobeşte în mod obişnuit înainte ca peretele să cedeze şi expulzarea sa din rosturi este împiedicată de cărămizi. Se dezvoltă o *stare triaxială de tensiuni* în cărămizi şi mortar: compresiune verticală şi întinderi transversale bidirecţionale. Se adaugă şi eventuale tensiuni suplimentare de încovoiere, forfecare şi compresiune locală din concentrări de tensiuni provocate de *neuniformitatea pietrei de zidărie şi mai ales a patului de mortar* datorită imperfecţiunilor, variaţiilor dimensiunilor pietrelor de zidărie şi a modului de preparare, punere în operă şi întărire a mortarului (fig. 7.25). În plus, mortarul se desprinde în unele puncte din cauza contracţiei sau a puternicei absorbţii de apă, astfel că sporeşte neuniformitatea şi necontinuitatea rezemării cărămizilor pe patul de mortar. Neuniformitatea proprietăţilor de rezistenţă, deformare şi a geometriei (grosime, umplere etc.) rostului de mortar, ca şi a pietrelor de zidărie, completează modelul mecanismului de rupere a zidăriei comprimate centric. Ruperea zidăriei comprimate se produce de îndată ce sînt depăşite rezistenţele pietrelor de zidărie sub stare

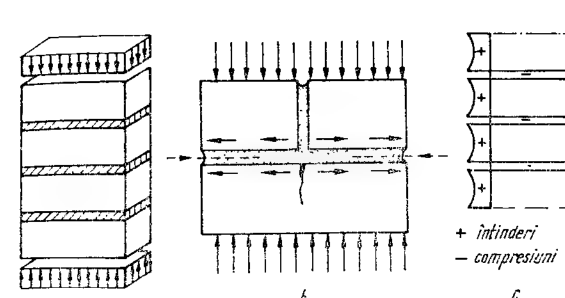


Fig. 7.24. Starea de tensiuni în zidăria comprimată centric:

a — compresiune după axa verticală; *b* — tensiuni laterale transversale în cărămizi şi mortar; *c* — variaţia tensiunilor laterale pe înălţimea pietrelor şi a compresiunilor în rostul de mortar.

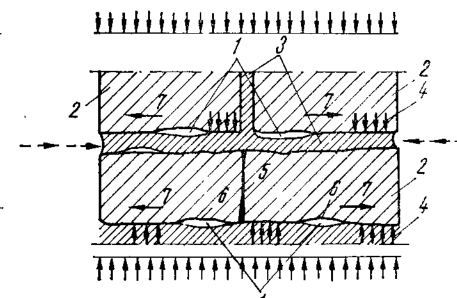


Fig. 7.25. Starea complexă de eforturi în cărămizi şi mortar:

1 — goluri de aer; *2* — cărămizi; *3* — mortar; *4* — zonă de compresiune locală (concentrare de tensiuni); *5* — zonă de forfecare; *6* — zonă de încovoiere; *7* — tensiune transversală în cărămizi.

triaxială de tensiuni (întindere, întindere-compresiune) sau pietrele nu au suficientă capacitate de fretare (împiedicare a deformaţiilor laterale, transversale ale mortarului). Deoarece pietrele de zidărie au în general ruperi fragile, fisurarea şi apoi ruperea (cedarea) lor se produce după plane perpendiculare tensiunilor laterale maxime de întindere, adică paralel cu direcţia acţiunii exterioare. Astfel, rezistenţa la întindere a pietrelor de zidărie poate avea rol predominant în capacitatea portantă a elementelor de zidărie solicitate la compresiune.

7.2.1.2. **Formule pentru stabilirea rezistenţei de rupere a zidăriei comprimate centric.** Se pot menţiona formulele Drögsler, Ekblad, Graf, Haller, Hanson, Hermann, Kreüger, Nylander, Oniscik, Seunson, Dürkop, Voellmy, Bräcker, Monk, Hilsdorf etc. pentru stabilirea rezistenţei de rupere la compresiune centrică a zidăriei.

Formulele vechi, care sînt şi cele mai numeroase, au un caracter empiric, deduse din experimentări. Ultimele formule consideră din ce în ce mai mult starea triaxială de tensiuni a zidăriei ca material compus şi evidenţiază principalii factori determinanţi.

În U.R.S.S. se foloseşte pentru zidăria din cărămizi, din blocuri ceramice şi de beton, formula prof. L. I. Oniscik:

$$R_z = AR_p\left(1 - \frac{a}{b + \dfrac{R_m}{2R_p}}\right)\eta\,[\text{daN/cm}^2], \tag{7.1}$$

unde: R_p şi R_m sînt mărcile pietrei şi mortarului, în daN/cm²;

a şi b — coeficienţi adimensionali, determinaţi experimental;

A — coeficient constructiv, care depinde de rezistenţa şi tipul pietrei;

η — coeficient de corecţie, introdus recent în zidăriile cu mortare de mărci joase.

Pentru zidăria din blocuri mari de beton, silico-calcare sau piatră naturală se poate aplica formula:

$$R_z = AR_p\left(1 - \frac{a}{b + \dfrac{R_m}{50}}\right)[\text{daN/cm}^2]. \tag{7.2}$$

Rezistența de rupere la compresiune centrică a zidăriei se poate exprima după Hilsdorf cu relația:

$$R_z = \frac{R_p}{U_u} \cdot \frac{R_{pt} + \alpha R_m}{R_{pt} + \alpha R_p}. \qquad (7.3)$$

în care intervin rezistențele de rupere la compresiune și întindere R_p și R_{pt} ale pietrei de zidărie, rezistența de rupere la compresiune a mortarului R_m, raportul dintre grosimea rostului și înălțimea pietrei de zidărie α și un coeficient de neuniformitate la rupere U_u (raportul dintre tensiunea maximă și tensiunea medie), care poate avea valorile 1,1...2,5 și care scade odată cu sporirea mărcii mortarului. Pentru aplicarea acestei formule lipsesc în prezent date suficiente mai ales pentru R_{pt} și U_u, iar rezistența la compresiune a mortarului din rost R_m, determinată în laborator, diferă de cea reală din rostul zidăriei.

Din cauza marii diversități de pietre de zidărie și mortare, rezistențele la compresiune a zidăriei variază deosebit de mult, între 10 și 500 daN/cm², fiind influențate de numeroși factori.

În prezent se elaborează de către comisia RILEM — 24 BW, metodele de încercare a pereților portanți și a zidăriilor pe probe de înălțime mică sau cu înălțimea unui etaj, dublu articulate sau încastrate la cele două capete. Se menționează că pietrele de zidărie și mortarul lucrează în condițiile reale ale zidăriei din structurile în mărime naturală în condiții diferite, în raport cu metodele de determinare în laborator a proprietăților lor mecanice.

7.2.1.3. **Factorii care influențează rezistența la ruperea centrică a zidăriei.** 7.2.1.3.1. *Rezistența și tipul pietrei.* Coeficientul constructiv A din expresia (7.1), întotdeauna mai mic decît 1, se utilizează pentru aprecierea gradului de utilizare a mărcii pietrei de zidărie; cu ajutorul relației (7.2) se poate urmări sporirea mărcii zidăriei odată cu creșterea mărcii mortarului pentru aceeași rezistență a pietrei (fig. 7.26):

$$-\text{ pentru } R_m = 0;\ R_{z,\,min} = AR_p\left(1 - \frac{a}{b}\right);$$

$$-\text{ pentru } R_m \simeq \infty;\ R_{z,\,max} = AR_p;\ A = \frac{R_{z,\,max}}{R_p}.$$

În general, marca zidăriei crește odată cu mărirea mărcii pietrei, deși există alți factori (uniformitatea dimensiunilor, concentrările de eforturi, netezimea etc.) care pot fi de egală importanță. *Factorul de eficiență* (fig. 7.27), definit

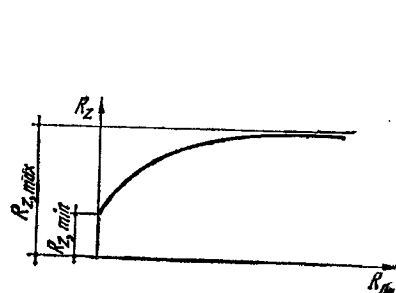


Fig. 7.26. Variația rezistenței zidăriei, R_z în funcție de rezistența mortarului, R_m, pentru aceeași marcă a pietrei, R_p.

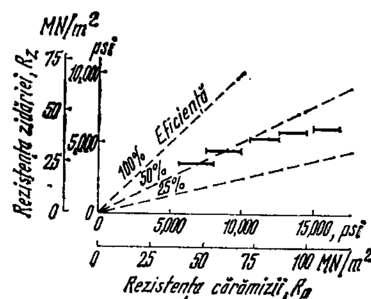


Fig. 7.27. Variația mărcii zidăriei cu marca pietrei de zidărie, stabilirea factorului de eficiență.

ca raportul dintre marca zidăriei și marca pietrei pentru un mortar dat, variază între 5 și 60% și poate fi mai mare în anumite cazuri speciale (adezivi și mortare fine foarte rezistente, blocuri mari de beton). Utilizarea pietrelor în zidărie sporește cu înălțimea lor; coeficienții constructivi A sînt din ce în ce mai mari la zidăriile din cărămizi, blocuri mici și mari; zidăria de piatră brută are cea mai redusă utilizare a mărcii pietrei în zidărie. Coeficientul constructiv scade în cazul pietrelor cu goluri sau găuri verticale, găurile rotunde fiind mai indicate, ținînd seamă de concentrările de eforturi.

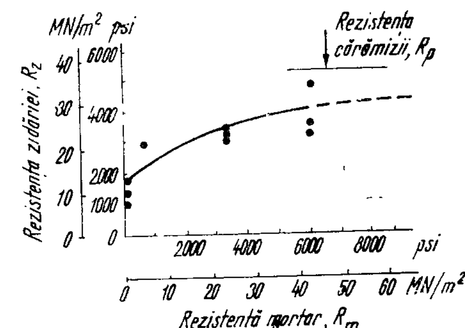


Fig. 7.28. Variația mărcii zidăriei cu marca mortarului.

7.2.1.3.2. *Rezistența și tipul mortarului.* Rezistența de rupere a zidăriei sporește odată cu mărirea mărcii mortarului și anume, intens pentru mărci joase de mortar, pentru ca apoi creșterea să se micșoreze treptat și aproape să înceteze la mărci superioare de mortar (fig. 7.28). Creșterea mărcii mortarului influențează, în special, rezistența zidăriilor cu coeficient constructiv mic (fig. 7.29). Mortarele de mărci superioare îmbunătățesc rezistența zidăriei, prin rigiditatea lor sporită, mai ales pentru zidării din piatră cu înălțime mică, la care numărul rosturilor orizontale umplute cu mortar pe un metru înălțime de zid este mare.

7.2.1.3.3. *Vîrsta zidăriei și durata de încărcare.* Din figura 7.30 rezultă că rezistențele zidăriei întărită, neîncărcată cresc mai repede în primele zile în cazul mortarelor de mărci superioare, în timp ce zidăria cu mortar marca 4 își mărește rezistența mai încet, dar mai uniform în timp. Zidăria proaspăt executată se încarcă treptat cu greutatea proprie a planșeelor, cu încărcările de montaj și utile, pînă la cea totală, deci cu o încărcare de durată. S-a stabilit că dacă încărcarea de durată N_{dur} nu depășește încărcarea de fisurare ($N_{dur} < N_{fis}$) atunci rezistența zidăriei și mortarului sînt îmbunătățite (fig. 7.31). Dimpotrivă, cînd $N_{fis} > N_{dur}$, se observă o scădere mai mare sau mai mică a rezistenței de rupere a zidăriei și mortarului sub încărcarea de durată $N_{r,dur}$.

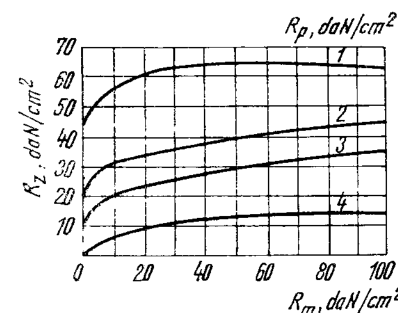


Fig. 7.29. Influența mărcii mortarului asupra mărcii zidăriei, marca pietrei fiind 100 daN/cm²:

1 — zidărie din blocuri mari, pline; *2* — zidărie din blocuri mici, pline; *3* — zidărie din cărămidă; *4* — zidărie din piatră brută.

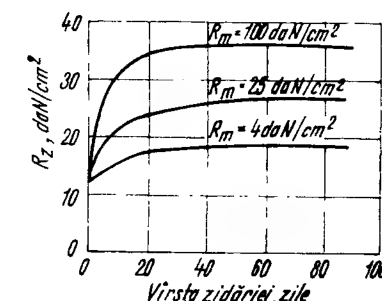


Fig. 7.30. Variația rezistenței de rupere la compresiune a zidăriei neîncărcate, realizată cu mortare de mărci diferite, în funcție de timp.

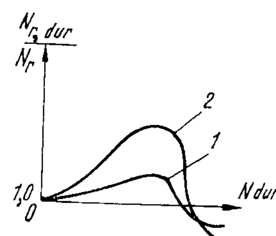


Fig. 7.31. Influenţa încărcării de durată asupra rezistenţei mortarului şi zidăriei de cărămidă :
1 – zidărie; 2 – mortar.

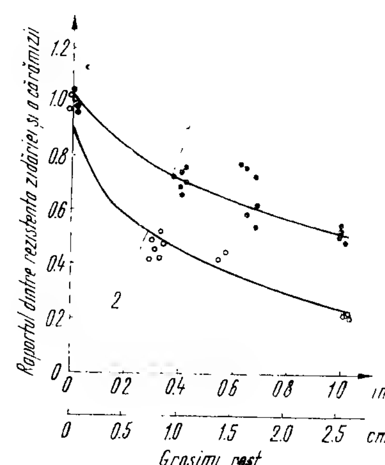


Fig. 7.32. Influenţa grosimii rostului asupra factorului de eficienţă a zidăriei :
1 – pentru cărămizi pline; 2 – pentru cărămizi găurite.

7.2.1.3.4. *Influenţa metodei şi calităţii execuţiei.* Calitatea execuţiei zidăriei depinde de gradul de rezemare şi apăsare a cărămizilor în mortar, de umplerea tuturor rosturilor cu mortar, care trebuie să fie cît mai uniformă, de calificarea zidarului, care este importantă mai ales pentru mărci reduse de pietre şi mortare. Cu zidari de calificare superioară se realizează zidării cu sporuri foarte diferite de rezistenţe, variind între 10 şi 100%. Vibrarea zidăriei cu procedee moderne a condus la sporirea rezistenţelor şi a eficienţei tehnico-economice a zidăriilor.

7.2.1.3.5. *Influenţa grosimii rosturilor orizontale şi a formei pietrei de zidărie.* Se obţin rezistenţe sporite pentru zidării cu rosturi orizontale subţiri şi avînd un raport mic între grosimea rostului şi înălţimea pietrei (fig. 7.32). Forma pietrei influenţează în mod deosebit rezistenţa de rupere la compresiune centrică a zidăriei. Astfel, zidăriile din piatră naturală, cioplită regulat sau din piatră naturală cioplită regulat şi aleasă, au rezistenţe sporite cu 50%, respectiv 100%, faţă de zidăria din piatră cioplită brut. Cu cît feţele sînt mai plane şi mai regulate, fără proeminenţe, deformări etc., cu atît este folosită mai bine piatra în zidărie.

7.2.1.3.6. *Influenţa lucrabilităţii mortarului.* Sporirea lucrabilităţii mortarului se poate face prin mărirea cantităţii de apă sau cu ajutorul plastifianţilor. Mortarele cu o tasare a conului etalon de circa 20 cm, umplu bine suprafeţele neregulate ale pietrelor de zidărie şi rosturile verticale, ceea ce conduce la un spor de rezistenţă pentru zidărie cu 10..12%, în raport cu zidăria executată cu mortare cu o tasare a conului de 7...8 cm, care nu umplu bine rosturile verticale. Mărirea raportului apă-ciment nu micşorează densitatea aparentă şi rezistenţa mortarului în zidărie de cărămidă, deoarece apa care depăşeşte cantitatea necesară hidratării este rapid absorbită de cărămizi. Astfel, numai la cîteva minute după aşezarea cărămizilor în patul de mortar, se obţin raporturi apă-ciment apropiate în cazul mortarelor cu tasare iniţială a conului etalon de 12 şi de 7 cm.

Se recomandă umplerea completă a rosturilor verticale, care se poate realiza prin mortare cu lucrabilitate optimă (tasarea conului etalon $\geqslant$ 12 cm), prin vibrarea zidăriei etc.

7.2.2. REZISTENŢA DE RUPERE A ZIDĂRIEI LA ÎNTINDERE AXIALĂ, FORFECARE ŞI COMPRESIUNE LOCALĂ

7.2.2.1. **Rezistenţa la întindere a zidăriei după rosturi nelegate.** Ruperea zidăriei după secţiuni nelegate la întindere normală pe suprafaţa rosturilor orizontale (fig. 7.33, *a*) este denumită adeseori ruperea la întindere a zidăriei cu rosturi continue sau de-a lungul rostului neîntrerupt.

Rezistenţele la întindere (directă sau de încovoiere) sînt determinate de aderenţa la suprafaţa de contact între pietrele de zidărie şi mortar, care reprezintă cea mai slabă legătură a sistemului. Neexistînd legături chimice, rezistenţa la întindere a elementului de zidărie este mult mai mică decît rezistenţa la compresiune şi în unele cazuri poate tinde către zero. În acest caz, efortul N este perpendicular pe rosturile orizontale, iar fisura în cazul ruperii poate fi amplasată cel mai des de-a lungul suprafeţei de contact (*1*—*1*) dintre piatră şi mortar (prin distrugerea aderenţei) sau de-a lungul mortarului (*2*—*2*), cînd rezistenţa de rupere la întindere a mortarului este mai mică decît aderenţa. Uneori, ruperea poate avea loc prin piatră (*3*—*3*) sau de-a lungul unei suprafeţe (*4*—*4*) care trece prin piatra de zidărie, prin mortar şi prin suprafaţa de contact a mortarului cu piatra de zidărie.

Aderenţa dintre piatră şi mortar depinde de modul de realizare a contactului pe întreaga suprafaţă între mortar şi piatră şi de capacitatea de legare a mortarului şi este influenţată ca şi rezistenţa la întindere de : marca, compoziţia, capacitatea de reţinere a apei şi lucrabilitatea mortarului; structura şi absorbţia de apă a pietrei; starea suprafeţelor de contact (netede, rugoase) dintre piatră şi mortar; regimul de întărire (umiditate şi temperatură); vîrsta mortarului din zidărie în momentul încărcării etc.

Compoziţia optimă a mortarului (ciment, plastifiant, nisip) determină o aderenţă bună la mortarele de ciment; aderenţa poate fi mult redusă prin desprinderea pietrei de mortar din cauza eforturilor de contracţie. Deformaţiile de contracţie se reduc odată cu creşterea conţinutului de plastifianţi sau nisip, în anumite limite, ţinînd seama şi de reducerea capacităţii de legare a mortarului.

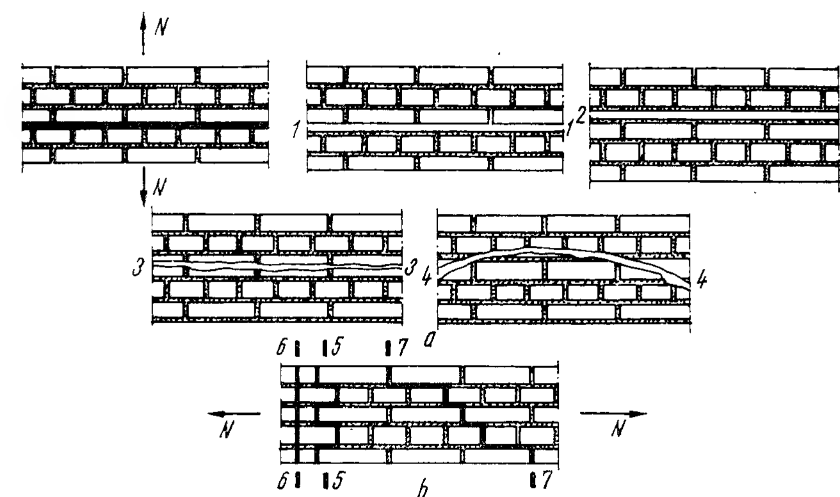


Fig. 7.33. Ruperea zidăriei din pietre regulate la întindere :
a – în secţiuni cu rosturi continue; *b* – în secţiuni cu rosturi ţesute (zigzag).

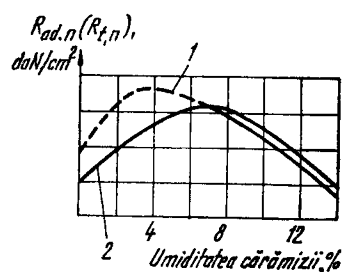


Fig. 7.34. Aderența la întindere normală a zidăriei de cărămidă, în funcție de umiditatea cărămizii la punerea în operă, pentru mortare cu tasarea conului de: *1* – 12...13 cm; *2* – 7...9 cm.

Aderența este mult influențată de lucrabilitatea mortarului și absorbția apei de către piatră. Experimentările au arătat că aderența mortarului de cărămidă sporește de 2...3 ori cînd cărămida arsă, cu o absorbție de apă de 12...14% este umezită înainte de punerea în operă pînă la o umiditate de 4...8% în greutate, iar mortarul este lucrabil, cu o tasare a conului etalon $\geqslant 12$ cm (fig. 7.34). Vibrarea zidăriei sporește aderența, care ajunge pînă la 8...10 daN/cm². Aderența poate depăși rareori valoarea de 7 daN/cm², în cazul zidăriei de cărămidă cu mortar de ciment și lucrabilitate bună; se pot atinge adeziuni > 30 daN/cm², în cazul mortarelor îmbunătățite cu polimeri, iar în cazul mortarelor din polimeri adeziunea poate depăși rezistența la întindere a pietrei de zidărie, astfel încît ruperea prin întindere se produce prin pietre mai ușor decît prin rost.

Rezistența la întindere normală R_{tn} sau aderența $R_{ad.n}$ este limitată în prescripții pentru zidăriile obișnuite la maximum 1,8 daN/cm², deoarece nu pot fi stăpîniți, în mod practic în execuție toți factorii care influențează aderența. Nu se recomandă realizarea de elemente de zidărie a căror rezistență este determinată numai de aderență. Aderența influențează capacitatea portantă, mai ales a elemntelor de zidărie solicitate la compresiune excentrică, forfecare sau încovoiere, precum și a celor solicitate de încărcări dinamice sau de șoc (cutremur, vibrații de mașini etc.).

7.2.2.2. **Rezistența la întindere a zidăriei după secțiuni legate.** Ruperea zidăriei după secțiuni legate, la întindere paralelă cu suprafața rostului orizontal este denumită adeseori ruperea zidăriei după secțiuni cu rosturi țesute, în zigzag (v. fig. 7. 33, *b*). Ruperea se poate face după o linie frîntă *5—5* (în ștrepi), care trece numai prin rosturi orizontale și verticale (v. fig. 7. 33, *b*), după linia care trece prin rosturi verticale și pietre (secțiunea *6—6*) sau după o secțiune în trepte (*7—7*). De obicei, se neglijează aderența în rosturile verticale, astfel că rezistența la întindere tangențială la *ruperea prin rosturi* depinde numai de aderența mortarului cu pietrele în rosturi orizontale, iar la *ruperea prin pietre și rosturi verticale* contează numai rezistența pietrelor. Aderența tangențială depinde de aceiași factori ca și aderența normală, între ele existînd o relație determinată experimental: $R_{ad.t} = (1{,}3...1{,}5)\ R_{ad.n}$, iar în norme se indică $R_{t.t} = 2R_{t.n}$ sau $R_{ad.t} = 2\ R_{ad.n}$; cu $R_{ad.t} = R_{t.t}$, rezultă;

$$R^{max}_{ad.t} = 6\ \text{daN/cm}^2,\ \text{deoarece}\ R^{max}_{ad.n} = 3\ \text{daN/cm}^2\ \text{pentru}\ R_m \simeq \infty.$$

În realitate, rezistența de rupere a zidăriei la întindere tangențială depinde și de țeserea zidăriei, fiind determinată de rezistența tuturor rosturilor orizontale.

Rezistențele la întindere axială se referă la secțiunea brută a zidăriei. Întinderea axială a zidăriei după secțiuni legate se întîlnește la calculul rezervoarelor cilindrice, al silozurilor etc.

7.2.2.3. **Rezistența de rupere la forfecare a zidăriei.** Această solicitare este întîlnită la reazemele construcțiilor în arc, la console, buiandrugi etc. (fig. 7.35). Rezistența la forfecare, influențată de comportarea zonei de contact a pietrelor în rosturile zidăriei, depinde de adeziunea de contact și de forțele care acționează perpendicular pe rost. La forfecarea zidăriei după *secțiuni nelegate* (fig. 7.36, *a*)

rezistența de rupere se poate calcula pe baza teoriei lui Mohr-Coulomb a frecării interioare:

$$R_{forf} = R_{t.t} + f\sigma_0, \qquad (7.4)$$

unde σ_0 este efortul unitar mediu de compresiune în secțiunea considerată, pentru încărcarea normală minimă, iar f — coeficientul de frecare în rosturile zidăriei, micșorat de obicei cu 0,8.

Cînd nu sînt eforturi de compresiune normale, $\sigma_0 \leqslant 0$:

$$R_f = R_{t.t}, = R_t \qquad (7.5)$$

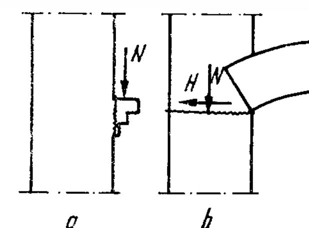


Fig. 7.35. Forfecarea zidăriei: *a* – la o consolă; *b* – la nașterea unui arc.

Rezistența de rupere la forfecare după *secțiuni legate*, combinat prin rosturi și pietre (fig. 7.36, *b*) este egală, de obicei, cu rezistența de rupere a pietrei la forfecare, adică:

$$R_{f.p} = R_{f.țes}. \qquad (7.6)$$

Calculul se face la secțiunea reală a pietrei (secțiunea netă a zidăriei, fără rosturile verticale).

7.2.2.4. **Rezistența de rupere la compresiune locală a zidăriei.** În cazul compresiunii locale, eforturile acționează numai asupra unei părți a secțiunii, restul secțiunii nefiind solicitată sau fiind supusă la eforturi mai mici (fig. 7.37); rezistența la strivire sau compresiune locală este mai ridicată decît în cazul unei compresiuni uniforme, deformațiile transversale ale părții solicitate fiind împiedicate de restul secțiunii. Cînd numai o parte a secțiunii este solicitată, se poate aplica formula lui B a u s c h i n g e r:

$$R_s = R_z \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_s}} \leqslant \psi\ R_z \leqslant 2\ R_z, \qquad (7.7)$$

unde R_z este rezistența de rupere a zidăriei la compresiune uniformă pe întreaga secțiune, iar ψ — coeficient care depinde de tipul zidăriei și al solicitării.

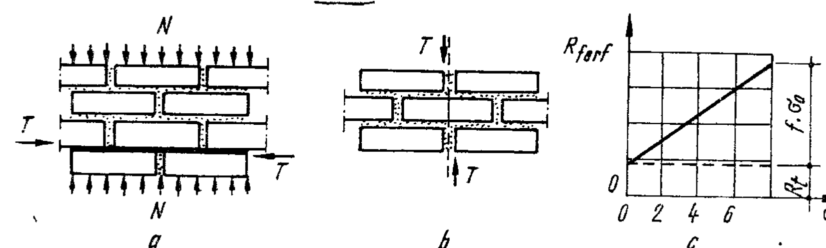


Fig. 7.36. Forfecarea zidăriei:

a – după secțiuni nelegate; *b* – după secțiuni legate; *c* – variația rezistenței la forfecare a zidăriei.

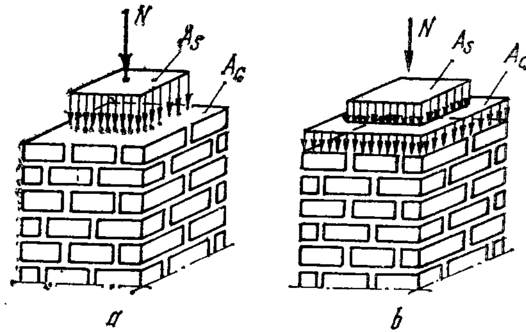


Fig. 7.37. Compresiunea locală a zidăriei:
a — cu încărcare pe o anumită zonă a zidăriei; *b* — cu încărcare neuniformă, o parte a secțunii fiind supusă unor eforturi mai mari.

7.2.3. PROPRIETĂȚILE DE DEFORMARE ALE ZIDĂRIEI

7.2.3.1. **Modulul de elasticitate.** Ca și celelalte proprietăți ale zidăriei considerată ca un material compus, proprietățile sale de deformare: modulul de elasticitate, curba caracteristică $\sigma - \varepsilon$, curgerea lentă, ductilitatea, contracția, variațiile dimensionale etc. sînt determinate de aceiași factori și în special, de proprietățile pietrei și mortarului. Ținînd seama de unele ipoteze simplificatoare, valoarea modulului de elasticitate se poate stabili cu o relație de formă similară cu ecuația H a n s e n pentru materiale compuse, alcătuite din două elemente, utilizată pentru betoane și mortare:

$$E_z = \frac{1}{\dfrac{1-\delta}{E_m} + \dfrac{\delta}{E_p}}, \text{ cu } E_m < E_p, \tag{7.8}$$

unde:

$$\delta = \frac{h_p}{h_p + h_m} = \frac{p}{p+r};$$

h_p; h_m este înălțimea rîndurilor de piatră, respectiv de mortar,
p; r — înălțimea pietrelor de zidărie, respectiv a rosturilor de mortar;
E_m; E_p — modulul de elasticitate al mortarului, respectiv al pietrei.

Practic, modulul inițial de elasticitate, E_0 se exprimă în funcție de rezistența de rupere la compresiune a zidăriei, R_z și de *caracteristica de elasticitate* a zidăriei, α, adimensională, care depinde de tipul mortarului și zidăriei avînd valorile 700...2 000.

Curbele caracteristice ale zidăriei sînt mult diferite, în funcție de marca zidăriei, a pietrei și mortarului. Zidăriile obișnuite se pot considera, în general, ca un material elasto-plastic cu o curbă caracteristică curbilinie, în funcție în primul rînd de curba caracteristică $\sigma - \varepsilon$ a mortarului, care este tot curbilinie.

Deformația zidăriei de cărămidă se datorește în cea mai mare măsură deformației rosturilor orizontale de zidărie și se compune (în vecinătatea eforturilor unitare apropiate de rezistențele la rupere), din deformația cărămizii (circa 10 %) și din deformația mortarului (circa 90 %), cu toate că 85 % din volumul zidăriei este ocupat de cărămizi. Deformația totală este compusă din două părți: una

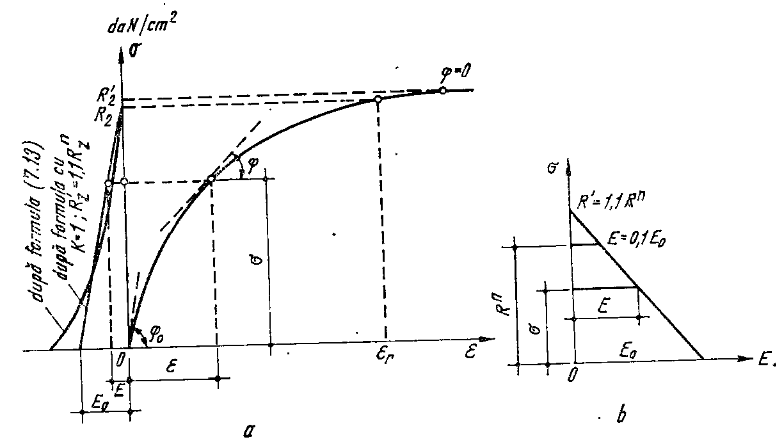


Fig. 7.38. Variația modulului de elasticitate a zidăriei:
a — pentru zidării, în general; *b* — pentru zidăria de cărămidă.

elastică, ε_0, care dispare după îndepărtarea acțiunii exterioare și una plastică, ε_p, care rămîne după îndepărtarea acțiunii:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_p. \tag{7.9}$$

Modulul tangențial de elasticitate, corespunzător fiecărui efort unitar, se exprimă aproximativ prin tangenta unghiului φ, care este o mărime variabilă, cu relația:

$$E_t = \text{tg}\varphi = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}, \ [\text{daN/cm}^2]. \tag{7.10}$$

Deci, modulul tangențial de elasticitate este în funcție de valoarea efortului unitar, σ și se poate considera legea de variație propusă de O n i s c i k (fig. 7.38) $R'_z = R'_2$; $R_z = R_2$:

$$E = E_t = E_0\left[1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z}\right)^K\right], \ [\text{daN/cm}^2]. \tag{7.11}$$

Pentru $\sigma = R'_z$, $E = 0$, adică are loc curgerea lentă, cînd deformațiile cresc fără o mărire a efortului, iar zidăria capătă însușirile unui material plastic. Modulul tangențial de elasticitate variază cu natura materialului.

Plastifierea nu poate fi obținută în zidării solicitate în condiții normale chiar la rupere, cînd $\sigma = R_z$. Deci $R'_z > R_z$ reprezintă niște eforturi convenționale pentru care $E = 0$, analoage cu eforturile corespunzătoare limitei de curgere pentru oțel. Prin numeroase încercări s-a stabilit că $R'_z = 1{,}1\ R_z$ pentru zidăria din produse ceramice, pietre naturale etc. ca și pentru blocurile de zidărie nevibrată. Blocurile din zidărie vibrată de cărămidă au o curbă caracteristică apropiată de o linie dreaptă, care poate fi apreciată prin înlocuirea coeficientului 1,1 cu valoarea 2,5...3. Exponentul K depinde de natura zidăriei, de tipul pietrelor și de mortarul folosit în zidărie.

Din formulele (7.10) şi (7.11) rezultă deformaţia specifică:

$$\varepsilon = \frac{1}{E_0}\int \frac{d\sigma}{1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z}\right)^K} \quad (7.12)$$

şi

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_0\left[1 - \left(\frac{\sigma}{R'_z}\right)^K\right], \quad [\text{daN/cm}^2]. \quad (7.13)$$

În calculele practice se admite $K = 1$, astfel încît rezolvarea integralei este destul de simplă.

Pentru $k = 1$ şi $R'_z = 1{,}1\ R_z$, se obţine prin integrare:

$$\varepsilon = -\frac{1{,}1R_z}{E}\ln\left(1 - \frac{\sigma}{1{,}1\ R_z}\right). \quad (7.14)$$

7.2.3.2. **Deformaţiile zidăriei la încărcări repetate.** Cînd zidăria se încarcă cu eforturi unitare $\sigma_A < R_z$ (fig. 7.39, *a*) şi se descarcă apoi complet, rămîne o deformaţie permanentă ε_p. La încărcări şi descărcări repetate se constată creşterea valorii deformaţiei specifice plastice ε_p. Cînd $\sigma_A < \sigma_{fis}$, creşterea deformaţiilor permanente încetează în scurt timp, chiar dacă numărul repetărilor sporeşte. Tangenta unghiului de înclinare a curbei de încărcare, φ_r *determină modulul de elasticitate la încărcări repetate*, E_r fiind în acest caz foarte apropiat în E, adică $E_r \simeq E$ (cînd $\sigma_A < \sigma_{fis}$). Deformaţiile elastice ale zidăriei urmează legea lui Hooke şi rezultă:

$$E_e = E_r = E_0. \quad (7.15)$$

7.2.3.3. **Deformaţii sub încărcări de durată.** Cînd zidăria este încărcată cu un efort constant de durată la compresiune σ_c, fără variaţii, creşterea deformaţiilor continuă, chiar dacă eforturile nu cresc, avînd loc fenomenul de *curgere lentă* a zidăriei, adică creşterea deformaţiilor zidăriilor în timp, pentru o valoare constantă a eforturilor. Zidăria capătă deformaţii de curgere, ε_c, diferite, după cum $\sigma_c < \sigma_{fis}$ sau $\sigma_c = (0{,}8 \ldots 0{,}9)\ R_z$ (fig. 7.39,*b*); deformaţiile principale de curgere a zidăriei se dezvoltă în perioada iniţială, după încărcare, în ambele cazuri. În figura 7.39, *b*, $\sigma_c = \sigma_{dur}$ adică egală cu rezistenţa de rupere la compresiune a zidăriei sub o încărcare de durată.

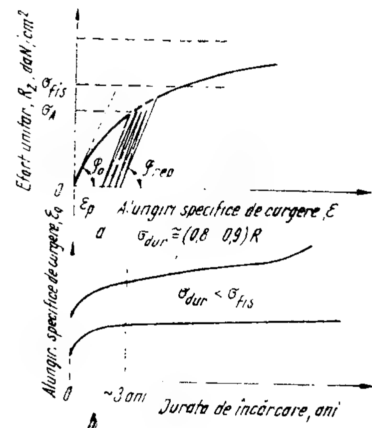


Fig. 7.39. Deformaţiile zidăriei: *a* – la încărcări repetate; *b* – la încărcări constante de durată.

Cînd $\sigma_c < \sigma_{fis}$, deformaţiile de curgere cresc iniţial, apoi mai încet în perioada următoare şi încetează complet după 3...5 ani. În acest caz, deformaţiile plastice ale zidăriei sînt determinate numai de curgerea lentă a zidăriei şi rezultă:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_c = A\,\sigma, \quad (7.16)$$

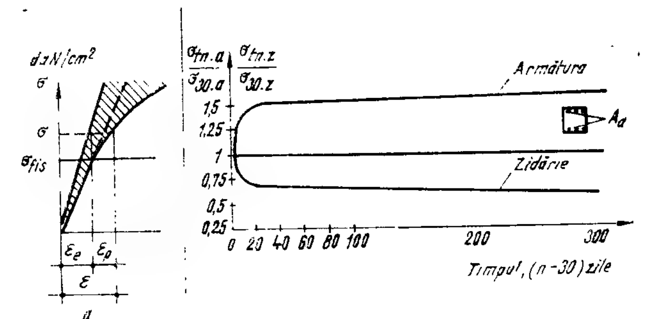


Fig. 7.40. Deformaţiile zidăriei şi redistribuirea eforturilor: *a* – deformaţii elastice şi plastice ale zidăriei în funcţie de eforturi; *b* – redistribuirea eforturilor între armătură şi zidărie pentru un stîlp cu armare longitudinală; $\sigma_{30,a}$ şi $\sigma_{30,z}$ – eforturile în armătură şi zidărie, în momentul încărcării stîlpului în vîrstă de 30 zile; $\sigma_{tn,a}$, $\sigma_{tn,z}$ – eforturile în armătură şi zidărie la $(n-30)$ zile.

unde A este un coeficient a cărui valoare depinde de vîrsta zidăriei, de durata de încărcare, de natura materialelor zidăriei etc.

Cînd $\sigma_c > \sigma_{fis}$ are loc o modificare a structurii zidăriei, creşterea deformaţiilor plastice depăşeşte creşterea eforturilor, cu atît mai mult cu cît efortul de compresiune este mai mare decît efortul de fisurare. Începe curgerea neliniară, iar alura diagramei deformaţii-eforturi unitare este curbilinie. Cînd $\sigma_c \simeq (0{,}8 \ldots 0{,}9)\ R_z$ deformaţiile nu se amortizează în timp, ci dimpotrivă deformaţiile de curgere lentă se adaugă deformaţiilor plastice şi cresc în ritm rapid pînă la distrugerea totală a zidăriei.

Curgerea lentă a zidăriei este datorată curgerii lente a mortarului şi, în special, deformaţiilor mari de curgere dezvoltate pe suprafeţele de contact incomplete dintre mortar şi piatră, unde se produc concentrări de eforturi. Deformaţiile de curgere a zidăriei vibrate de cărămidă sînt mai reduse decît ale zidăriei obişnuite de cărămidă nevibrată, pentru acelaşi efort unitar. Deformaţiile de curgere lentă sînt de 1,2...1,8 ori sau de 1,2...3 ori mai mari decît deformaţiile elastice pentru zidăria de cărămidă, respectiv din blocuri de beton.

7.2.3.4. **Redistribuirea eforturilor sub încărcări de durată.** În unele cazuri, încărcarea de durată măreşte rezistenţa zidăriei, deformaţiile de curgere lentă influenţînd favorabil comportarea zidăriei. Cînd zidăria conlucrează cu materiale care nu prezintă proprietăţi de curgere lentă sub eforturi normale de exploatare (de exemplu, oţelul la temperatură normală) sau au deformaţii reduse de curgere, atunci curgerea lentă a zidăriei influenţează defavorabil rezistenţa ansamblului zidăriei. Acesta este cazul zidăriei aparente executată cu placaj ceramic în L, care se deformează mai puţin, lipsind rosturile de mortar, iar rezemarea făcîndu-se piatră pe piatră. Odată cu dezvoltarea deformaţiilor de curgere a zidăriei pline de rezistenţă din perete, are loc redistribuirea eforturilor cînd materialul cu curgere pronunţată se descarcă (zidăria plină, de rezistenţă) şi se supraîncarcă materialele rigide cu curgere redusă (placajul în L). Cînd rezistenţa de rupere a materialelor supraîncărcate este depăşită, poate avea loc degradarea construcţiei (de exemplu, a placajului în L). În figura 7.40 este arătată distribuirea eforturilor în armătura şi zidăria unui stîlp cu armare longitudinală, de unde rezultă modul de descărcare a zidăriei şi de supraîncărcare a armăturii.

7.2.3.5. **Deformaţii de contracţie.** Produsele silico-calcare şi din beton au contracţii mai mari decît produsele ceramice, mai ales la vîrsta tînără. Zidăriile cu mortar de ciment au cele mai mari contracţii, iar cele cu mortar de var cele mai mici. Zidăriile din pietre ceramice cu mortar de var sau mixt au deformaţii de contracţie care reprezintă aproximativ 1/10 din deformaţiile de curgere.

7.2.4. FLAMBAJUL ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE SUPUSE LA COMPRESIUNE CENTRICĂ

Cu toate că zidăriile obişnuite nu se comportă după legea lui Hooke, totuşi tensiunile critice ale pereţilor şi stîlpilor din cărămidă pot fi calculate îndeajuns de precis folosind teoriile uzuale din rezistenţa materialelor şi considerînd că sînt cunoscute cu suficientă exactitate : variaţia descrescătoare a modulului de elasticitate odată cu creşterea tensiunilor, rezistenţa de rupere la compresiune a zidăriei şi excentricităţile încărcărilor. Se foloseşte, de obicei, *metoda coeficientului de flambaj* φ, definit în rezistenţa materialelor prin expresia :

$$\varphi = \frac{\sigma_{af}}{\sigma_{ac}} \leqslant 1, \tag{7.17}$$

unde σ_{af} şi σ_{ac} sînt rezistenţele admisibile la flambaj şi respectiv la compresiune a materialului, cu menţiunea că σ_{af} nu este o valoare constantă, ci este în funcţie de coeficientul de zvelteţe λ.
Totodată :

$$\sigma_{ac} = \sigma_a = \frac{\sigma_c}{c}, \tag{7.18}$$

unde σ_c este limita de curgere a materialului, corespunzătoare cu R'_z, ca limită convenţională de curgere a zidăriei, pentru un material elasto-plastic.

Coeficientul de flambaj al zidăriei se poate exprima prin relaţia :

$$\varphi = \frac{\sigma_{cr}}{R'_z} = \frac{\sigma_f}{R'_z}, \tag{7.19}$$

unde $\sigma_{cr} = \sigma_f$ este efortul unitar critic (la flambaj) al zidăriei cu modul de elasticitate variabil, care se poate calcula cu ajutorul formulei lui Euler, stabilită în domeniul elastic pentru elemente comprimate centric, dublu articulate :

$$\sigma_f = \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Al_f^2}. \tag{7.20}$$

Pentru efortul critic σ_f^0 şi un modul constant de elasticitate E_0, rezultă :

$$\sigma_f^0 = \sigma_{cr}^0 = \frac{\pi^2 E_0 I}{Al_f^2} = \pi^2 E_0 \left(\frac{i}{l_f}\right)^2 = \frac{\pi^2}{\lambda^2} E_0. \tag{7.21}$$

În acest caz, coeficientul de flambaj pentru *efortul unitar critic* σ_f^0 devine :

$$\varphi_0 = \frac{\sigma_f^0}{R'_z} = \frac{\pi^2 E_0}{\lambda R'_z}. \tag{7.22}$$

Efortul unitar critic oarecare, σ_f sau σ_{cr} se poate obţine, pentru a ţine seamă de deformaţiile plastice ale zidăriei, înlocuind pe E_0 cu $E_{variabil}$ (în relaţia 7.11, $k = 1$) şi folosind ecuaţia (7.21) :

$$\sigma_{cr} = \sigma_f = \pi^2 E \left(\frac{i}{l_f}\right)^2 = \pi^2 E_0 \left(1 - \frac{\sigma_f}{R'_z}\right)\left(\frac{i}{l_f}\right)^2 = \sigma_f^0 \left(1 - \frac{\sigma_f}{R'_z}\right). \tag{7.23}$$

Desfăcînd parantezele şi efectuînd transformările se obţine :

$$\sigma_f = \frac{\sigma_f^0}{1 + \frac{\sigma_f^0}{R'_z}}, \tag{7.24}$$

iar împărţind ambii membrii ai ecuaţiei cu R'_z şi ţinînd seama de (7.22) se ajunge la :

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{1 + \varphi_0}. \tag{7.25}$$

Pentru zidărie de cărămidă cu $R'_z = 1{,}1\ R_z$ şi folosind relaţiile (7.21), (7.22) şi $E_0 = \alpha R_z$, se poate scrie :

$$\varphi_0 = \frac{\pi^2}{1{,}1} \alpha \left(\frac{i}{l_f}\right)^2 = 9\left(\sqrt{\alpha}\,\frac{i}{l_f}\right)^2. \tag{7.26}$$

Rezultă că coeficientul de flambaj depinde de zvelteţea sau subţirimea elementului de zidărie, ca şi de caracteristica de elasticitate a zidăriei α. Cunoscînd pe φ_0 se poate găsi φ pe baza relaţiei (7.25); în prescripţii sînt date valorile lui φ în funcţie de caracteristica de elasticitate α şi de gradul de zvelteţe l_f/a care variază între 3 şi 36 sau în funcţie de coeficientul de zvelteţe $\lambda = l_f/i$, care variază între 10,5 şi 125. Astfel, flambajul elementelor de zidărie este influenţat de condiţiile de rezemare la capete şi de caracteristicile geometrice ($i = \sqrt{I/A}$) ale elementului de zidărie.

În cazul stîlpilor, gradul de zvelteţe este dat de cea mai mare dintre valorile l_f/a sau l_f/b (fig. 7.41).

Lungimea de flambaj se stabileşte considerînd, în general, că reazemele stîlpilor şi zidurilor sînt planşeele şi grinzile şi se determină în funcţie de rigiditatea capătului superior al zidăriei astfel :

pentru capătul superior fix : $l_f = h$;

pentru capătul superior deplasabil :

— la construcţiile cu o singură deschidere : $l_f = 1{,}5\ h$;

— la construcţiile cu mai multe deschideri : $l_f = 1{,}25\ h$;

pentru capătul superior liber ((nelegat de planşee sau de alte elemente orizontale) : $l_f = 2\ h$, unde h este distanţa dintre planşee sau alte reazeme orizontale;

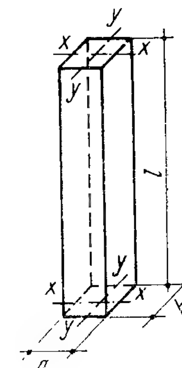


Fig. 7.41. Schema geometrică a unui stîlp din zidărie.

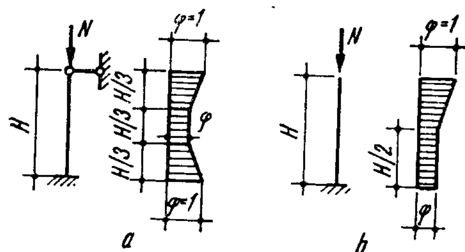


Fig. 7.42. Variaţia coeficientului de flambaj pe înălţimea elementului de zidărie, cu rezemări diferite la capătul superior:

a – capăt superior fix; *b* – capăt superior liber (deplasabil).

pentru zidurile fixate pe contur şi cînd lungimea zidului $l \leqslant 2\ h$ se recomandă a se ţine seama de sporirea stabilităţii reducînd lungimea de flambaj cu ajutorul formulei:

$$l_f = \frac{l}{1 + \frac{h}{l}}. \qquad (7.27)$$

Există stîlpi a căror legătură la capătul superior poate fi diferită după cele două direcţii; în acest caz, lungimea de flambaj trebuie să se aprecieze pentru fiecare direcţie, în funcţie de natura legăturii (fig. 7.41). În cazul plinurilor (pilaştrilor) dintre ferestre şi uşi, lungimea de flambaj se ia egală cu înălţimea zidului la etajul respectiv.

Prezenţa golurilor în zidării influenţează stabilitatea acestora. De aceea, în acest caz, se limitează slăbirea zidurilor prin goluri atît în secţiunea orizontală, cît şi în cea verticală, iar eforturile unitare în zidul considerat şi în zidurile legate de acesta, nu trebuie să difere între ele cu mai mult de 50%, pentru a evita mişcări diferenţiate accentuate.

Pentru elementele de zidărie cu secţiuni transversale slăbite şi la care slăbirea depăşeşte 1/3 din grosime şi 1/10 din înălţime şi se găseşte în porţiunea celor două sferturi de la mijlocul înălţimii, cînd elementul are capătul superior fix sau în jumătatea inferioară, cînd elementul are capătul superior liber (deplasabil), coeficientul de flambaj se determină pentru secţiunea cea mai slăbită, în vederea asigurării stabilităţii.

Pericolul de pierdere a stabilităţii elementelor de zidărie variază pe înălţimea elementului şi de aceea coeficientul de flambaj φ se ia constant pentru treimea mijlocie şi variază liniar pînă la $\varphi = 1$ pentru secţiunile din treimile extreme, cînd elementul are capătul superior fix (fig. 7.42). În cazul zidurilor şi stîlpilor cu capătul superior liber (deplasabil), coeficientul de flambaj se ia constant în jumătatea inferioară a înălţimii elementului şi variabil liniar pînă la $\varphi = 1$ pentru jumătatea superioară (fig. 7.42, *b*).

7.2.5. ALTE PROPRIETĂŢI ALE ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE

Verificarea stabilităţii la alunecare a construcţiilor de zidărie se face folosind *coeficienţii de frecare*, care capătă valori diferite după natura şi starea suprafeţei de frecare; umedă $f = 0{,}45...0{,}70$ sau uscată $f = 0{,}30...0{,}60$.

Comportarea fizico-mecanică a elementelor de zidărie este influenţată, pe lîngă caracteristicile lor mecanice de rezistenţă, de *variaţiile dimensionale* ale elementelor de zidărie sub acţiunea încărcărilor, a temperaturii şi a absorbţiei sau pierderii de umiditate.

Deplasările (variaţiile dimensionale) datorită încărcărilor se produc din deformaţii elastice sau instantanee şi din deformaţii în timp, de curgere lentă. Deformaţiile elastice, instantanee sînt în funcţie de E şi μ, relaţia $\sigma - \varepsilon$ fiind neliniară, iar E variind cu efortul unitar. Curgerea lentă este importantă pentru variaţiile dimensionale de lungă durată şi pentru determinarea tensiunilor în materialele compuse cu proprietăţi diferite de curgere lentă. La încărcarea zidăriei se produce deformaţia instantanee, urmată de curgerea lentă progresivă, al cărei ritm de creştere se micşorează, curgerea lentă încetînd după o perioadă de timp, diferită după tipul materialului şi al pietrei de zidărie folosite (pentru cărămizi de marcă 98,5 daN/cm^2; curgerea lentă încetează la 40 zile pentru mortarul 1 : 1/4 : 3 şi la aproximativ 4 luni pentru mortarul 1 : 1 : 6). Marca mortarului este un factor important pentru curgerea lentă a zidăriei; deformaţiile maxime de curgere lentă sînt de 2...3 ori mai mari în cazul mortarului 1 : 1 : 6 faţă de zidăria, cu aceeaşi piatră, dar cu mortar 1 : 1/4 : 3. Deformaţia totală, inclusiv deformaţia din curgere lentă, este cu 20...40% mai mare decît deformaţia instantanee a zidăriei cu mortar 1:1/4:3 şi cu 50...80% mai mare pentru zidăria cu mortar 1:1:6.

Variaţiile dimensionale ale zidăriei datorită umidităţii provin din variaţiile pietrelor de zidărie şi ale mortarului şi au ca efect dilatarea zidăriei sensibilă la variaţiile temperaturii exterioare şi a umidităţii relative; ritmul de dilatare creşte destul de perceptibil odată cu creşterea umidităţii relative. Variaţiile dimensionale din umiditate sînt strîns legate de dilatarea termică şi de contracţie şi în condiţii obişnuite de exploatare este imposibil a le separa. Efectul global al umidităţii este o dilatare treptată a zidăriei a cărei mărime poate fi deosebit de importantă pentru deformaţiile de lungă durată, adesea depăşind deformaţiile din curgere lentă. Astfel, este posibil a se produce o dilatare totală sub încărcarea de durată la compresiune cu o deformaţie ultimă totală mai mică decît deformaţia instantanee la compresiune.

Coeficienţii de dilatare liniară a zidăriilor pentru calculul deformaţiilor datorite diferenţelor de temperatură sînt puţin diferiţi, în funcţie de natura zidăriei. Aceşti coeficienţi se iau $(0{,}5...1) \times 10^{-5}$ pentru 1°C diferenţă de temperatură în direcţie orizontală şi pot ajunge pe verticală pînă la 1,5 ori această valoare. Mişcările verticale din temperatură ale pereţilor sînt în general reversibile, în timp ce mişcările orizontale pot fi reversibile numai dacă peretele nu fisurează sub acţiunea contracţiei şi dilatării.

De aceea, în pereţii mai lungi de 15 m, se recomandă rosturi de dilataţie şi contracţie care se umplu cu materiale expandate, celulare, de ductilitate, mare şi rigiditate mică (cauciuc, poliuretan, polietilene etc.). Etanşarea rosturilor, care a constituit întotdeauna o problemă, a progresat în mod deosebit în ultimul timp, prin folosirea cordoanelor de polisulfit, a altor materiale plastice şi a unor alcătuiri constructive adecvate. Se remarcă că distanţele dintre rosturi trebuie considerate pentru fiecare clădire în parte. Ca o indicaţie aproximativă, în unele prescripţii, se recomandă rosturi de dilatare pentru pereţii lungi, la circa 12 m.

Din cuprinsul capitolului 7 se poate deduce că este interesantă şi *clasificarea zidăriilor după modul de comportare sub încărcări*, care ţine seama în acelaşi timp de natura materialului, structura, dimensiunile şi în special de înălţimea pietrelor de zidărie, ca şi de modul de execuţie a acestora; valorile proprietăţilor de rezistenţă şi de deformare (E, α, μ etc.) ale zidăriilor cuprinse în prescripţiile tehnice sînt grupate pe baza acestei clasificări. Din acest punct de vedere, zidăriile se pot clasifica în:

— *zidărie obişnuită* din *cărămizi de toate tipurile* cu înălţimi cuprinse între 50 şi 150 mm, inclusiv *produsele cu găuri verticale*, cu diametrul găurilor < 12 mm sau din *piatră naturală* de formă regulată cu aceeaşi înălţime a pietrei 50... ...150 mm ; *blocuri mici pline din beton sau piatră naturală* de formă regulată cu înălţimea de 180...300 mm ; *blocuri mici cu goluri*, cu înălţimea de 180... ...300 mm ; *blocuri mari* cu înălţimea blocului mai mare de 500 mm, din beton, produse ceramice, piatră naturală etc. ;

— *zidărie vibrată* din cărămizi şi blocuri ceramice, din blocuri de beton sau din piatră naturală, sub formă de blocuri sau panouri mari ;

— *zidării combinate* sub formă de zidărie mixtă, zidărie armată sau zidărie complexă.

Capitolul 8

CALCULUL SECŢIUNILOR ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE

8.1. PRINCIPII FUNDAMENTALE ŞI CARACTERISTICI DE CALCUL

8.1.1. GENERALITĂŢI

În cadrul acestui capitol se tratează principiile şi metodele de calcul pentru secţiunile elementelor de zidărie simplă şi armată, exploatate în regim normal de temperatură şi cu largă utilizare în prezent, sintetizate în STAS 10 104/75 *.Construcţii de zidărie, principii şi metode de calcul.* Nu sînt cuprinse elemente de calcul pentru anumite categorii de construcţii (poduri, construcţii hidrotehnice, arce, şemineuri, coşuri de fum industriale etc.) sau pentru anumite situaţii speciale (construcţii amplasate pe terenuri macroporice sensibile la umiditate, construcţii situate în zone seismice, construcţii executate pe timp friguros etc.). Calculul secţiunilor de zidărie se face prin metoda stărilor limită, pe baza principiilor generale de verificare a siguranţei construcţiilor din STAS 10 100/0-75 şi se aplică zidăriilor executate cu respectarea condiţiilor de alcătuire constructivă din capitolul 7. Elementele de zidărie se dimensionează pe baza cerinţelor arhitecturale, de durabilitate, de izolare termică, fonică şi hidrofugă atunci cînd acestea impun alegerea dimensiunilor şi cînd din calculul secţiunilor privind siguranţa structurii ar rezulta dimensiuni mai mici. Se recomandă a se indica în proiectele construcţiilor tipul şi caracteristicile materialelor folosite pentru executarea zidăriilor.

8.1.2. PRINCIPII FUNDAMENTALE DE CALCUL. CARACTERISTICI DE CALCUL

Calculul elementelor de construcţii din zidărie se face pe baza principiilor generale de verificare a siguranţei construcţiilor, pentru următoarele stări limită :

— stări limită ultime de rezistenţă şi stabilitate (pierderea poziţiei sau a formei) ;

— stări limită ale exploatării normale la apariţia sau deschiderea fisurilor şi la deformaţie.

Calculul la starea limită de rezistenţă (a capacităţii portante) şi la apariţia sau deschiderea fisurilor se face la acţiunea încărcărilor de calcul.

Valorile încărcărilor normate, ale coeficienţilor pentru încărcări şi grupările de încărcări se stabilesc după indicaţiile cuprinse în standardele de acţiuni în construcţii (v. capitolul 3).

Determinarea solicitărilor în elementele de zidărie se efectuează în stadiul elastic, admiţîndu-se, în cazul structurilor static nedeterminate, să se ţină seama de redistribuirea solicitărilor în urma deformaţiilor plastice.

Tabelul 8.1.

Natura materialelor de zidărie	Valoarea coeficientului α, pentru mortare de marca :	
	100 şi 50	25 şi 10
Cărămizi pline, blocuri de beton cu agregate uşoare (γ < 1 800 daN/m³)	1 000	750
Cărămizi cu găuri verticale	2 000	1 500
Cărămizi cu găuri orizontale	1 500	1 000
Blocuri de beton greu	2 000	1 000
Blocuri din beton celular autoclavizat	—	700

Prescripţiile tehnice (STAS 10 104-75) cuprind valori pentru caracteristicile de calcul ale zidăriei, cum sînt : rezistenţele de calcul pentru diferite tipuri de zidării şi solicitări, în funcţie de natura şi marca materialelor componente ale zidăriei ; coeficienţii condiţiilor de lucru ai elementelor ; modulul de elasticitate al zidăriei şi caracteristica de elasticitate ; coeficienţii de dilatare liniară şi coeficienţii de frecare pentru verificarea stabilităţii la alunecare a construcţiilor de zidărie pe suprafeţe uscate, $f = 0{,}4...0{,}7$ şi umede, $f = 0{,}3...0{,}6$.

Valoarea modulului de elasticitate al zidăriei E se exprimă în funcţie de caracteristica de elasticitate α, dată în tabelul 8.1, astfel :

$E = 0{,}8\ \alpha R^n$, pentru calculul deformaţiilor la sistemele static nedeterminate sub influenţa încărcărilor de exploatare ;

$E = 0{,}5\ \alpha R^n$, pentru calculul zidăriei la starea limită a capacităţii portante ;

$E = \alpha\ R^n = E_0$, pentru calculul zidăriei la încărcări repetate şi pentru stabilirea perioadei proprii de vibraţie.

În STAS 10 104-75 sînt date expresii în funcţie de rezistenţa de calcul R, nu faţă de cea de rupere (normată) R^n.

8.2. CALCULUL SECŢIUNILOR DE ZIDĂRIE SIMPLĂ (NEARMATĂ)

8.2.1. CALCULUL LA STAREA LIMITĂ ULTIMĂ DE REZISTENŢĂ

8.2.1.1. **Calculul secţiunilor de zidărie la compresiune centrică.** În cazul solicitării de compresiune centrică, la verificarea secţiunilor trebuie să fie satisfăcută relaţia :

$$nN^n = N \leqslant \varphi\ RA,\ [\text{daN}] \qquad (8.1)$$

unde : N^n este încărcarea normată, în daN ;
n — coeficientul încărcării ;

φ este coeficientul de flambaj;

R — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune centrică, în daN/cm²;

A — suprafața secțiunii transversale a elementului de zidărie solicitat centric, în cm².

În practică, elementele de zidărie nu se calculează la compresiune centrică, deoarece în realitate transmiterea încărcărilor gravitaționale verticale la elementele de zidărie este afectată de excentricitate datorită modului de rezemare a planșeelor, abaterilor de execuție etc., astfel încît se face verificarea la compresiune excentrică pentru o excentricitate adițională e_a, egală cu cea mai mare dintre valorile:

2 cm;

1/30 din înălțimea secțiunii, în planul de încovoiere considerat cel mai defavorabil.

8.2.1.2. **Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune excentrică.**

8.2.1.2.1. *Fenomenul compresiunii excentrice.* Este solicitarea de o complexitate deosebită, cea mai răspîndită în elementele portante de zidărie (pereți exteriori și interiori, de calcan, cupole etc.); practic pentru calcule se folosesc formule empirice. Distribuția tensiunilor pe secțiunea transversală variază în funcție de mărimea excentricității e_0, distingîndu-se trei zone caracteristice (fig. 8.1.), diferite de cele cunoscute de la rezistența materialelor, din cauza comportării elasto-plastice a zidăriei.

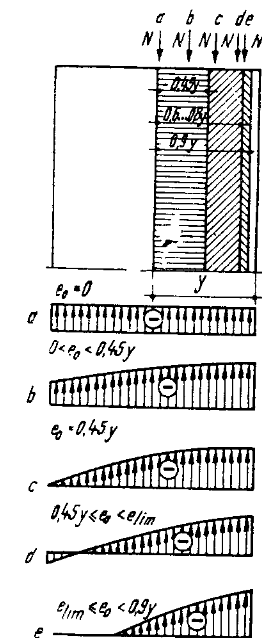


Fig. 8.1. Diagramele de tensiuni (eforturi unitare), în funcție de mărimea excentricității, e_0:

a — încărcarea acționează centric; *b* — încărcarea acționează în zona excentricităților mici; *c* — încărcarea acționează la limita de separație între zonele excentricităților mici și medii; *d* — încărcarea acționează în zona excentricităților medii; *e* — încărcarea acționează în zona excentricităților mari.

Prima zonă este cea *a excentricităților mici* cu $0 < e_0 < 0{,}45\ y$, unde y este distanța de la marginea cea mai solicitată pînă la centrul geometric al secțiunii. În acest caz, întreaga secțiune este comprimată, iar neuniformitatea eforturilor unitare depinde de poziția forței în limitele zonei sîmburelui central (fig. 8. 1, *a* și *b*). Cînd efortul se aplică la limita zonei excentricităților mici, în secțiune se dezvoltă tensiuni de compresiune, după o distribuție curbilinie (fig. 8.1, *c*) fiind nule la marginea cea mai depărtată de forță.

Zona a doua corespunde *excentricităților medii*, cu $0{,}45\ y \leqslant e_0 < e_{lim}$, unde e_{lim} este *excentricitatea limită* care separă zona a doua de a treia. În acest caz, marginea secțiunii cea mai depărtată de forță este întinsă (fig. 8.1, *d*). Valoarea e_{lim} este diferită după tipul zidăriei.

Zona a treia, cea *a excentricităților mari*, cu $e_{lim} \leqslant e_0 < 0{,}9\ y$ apare cînd $\sigma_+ > R_t^n$; rosturile în zona întinsă a zidăriei se desfac, deschiderea rosturilor devine însemnată și este necesară o verificare specială la fisurare. Efortul este suportat numai de zona comprimată a secțiunii a cărei înălțime $h' = \gamma h$, coeficientul de reducere γ fiind determinat din expresia:

$$\gamma = 2\left(1 - \frac{e_0}{y}\right). \qquad (8.2)$$

Experiențele arată o diferență în comportarea reală a zidăriei sub încărcări excentrice față de teoria rezistenței materialelor, iar diferența dintre valorile calculate cu formulele din rezistența materialelor și cele determinate experimental sporește odată cu creșterea excentricității e_0, de la 130% pentru $e_0/h = 1/12$ pînă la 1 000% pentru $e_0/h = 1/3$ (tab. 8.2.). Rezultă că:

Tabelul 8.2

Valori	$\frac{N_r}{R_z^n A}$ pentru $\frac{e_0}{a} = \frac{e_0}{h}$ egal cu:			
	$e_0 = 0$ compresiune centrică	1/12	1/6	1/3
experimentale	1	0,86	0,81	0,54
după formulele din rezistența materialelor	1	0,67	0,50	0,05
după formulele (8.5) și (8.15)	1	0,86	0,76	0,33

— secțiunea de zidărie nu se rupe la atingerea eforturilor unitare de întindere $\sigma_+ \geqslant R_t^n$, iar rezistența zidăriei solicitată la compresiune excentrică este determinată de rezistența zonei comprimate și nu de rezistența la întindere a zonei întinse;

— distribuția eforturilor unitare în secțiune nu este liniară, ci curbilinie, din cauza deformațiilor plastice ale zidăriei (fig. 8.2), iar suprafața diagramei reale, curbilinie, a tensiunilor este mai mare decît în cazul distribuției triunghiulare (fig. 8.3); în calcule se consideră, după P a s t e r n a k, o distribuție dreptunghiulară;

— alungirile specifice la rupere ε_r pentru compresiune excentrică sînt mai mari decît în cazul compresiunii centrice; diferența între deformațiile specifice sporește odată cu creșterea excentricității;

— porțiunile necomprimate (neîncărcate) ale secțiunii limitează deformațiile transversale ale zonei comprimate (încărcate) și măresc astfel capacitatea portantă a elementului de zidărie comprimat excentric, rezistența de rupere la compresiune excentrică a zidăriei fiind mai mare decît rezistența de rupere la compresiune centrică ($R_{z.c.e}^n > R_{z.c}^n$).

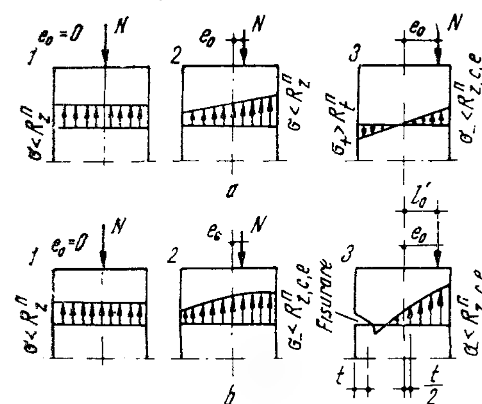


Fig. 8.2. Diagramele de distribuție a eforturilor unitare în secțiunea solicitată:

a — după formulele din rezistența materialelor considerate elastice; *b* — reale, în zidărie; *1* — compresiune centrică; *2* — compresiune cu excentricitate mică; *3* — compresiune cu excentricitate mare, $e_0' = e_0 - t/2$, din cauza modificării poziției centrului de greutate al secțiunii cu $t/2$.

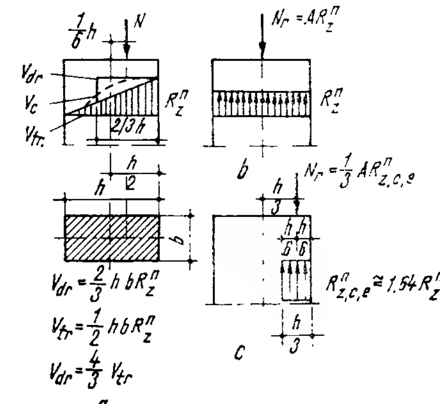


Fig. 8.3. Diagramele eforturilor unitare din compresiune excentrică:

a — diagrama volumelor epurelor cu distribuție dreptunghiulară, curbilinie (reală) și triunghiulară pentru $e_0 = h/6$, în ipoteza acelorași eforturi unitare maxime R_z^n; *b*; *c* — diagramele eforturilor unitare maxime extreme, determinate experimental în ipoteza distribuției dreptunghiulare maxime, pentru $e_0 = 0$ și $e_0 = h/3$.

Astfel, în cazul compresiunii excentrice şi locale, partea neîncărcată sau mai puţin încărcată a secţiunii ajută într-o oarecare măsură porţiunea încărcată din secţiune, sporind $R^n_{z.c.e}$ sau R^n_s, în comparaţie cu R^n_z.

În funcţie de caracteristicile de deformare a diferitelor zidării, rezultă pentru fiecare tip de zidărie influenţa excentricităţii relative e_0/y asupra capacităţii portante. Astfel, în cazul zidăriei de cărămidă, cu un număr mare de rosturi, solicitată la compresiune excentrică, se obţine o creştere mai importantă a rezistenţei de rupere, datorită micşorării efortului de întindere a cărămizilor prin împiedicarea deformaţiilor transversale exercitată de partea neîncărcată, decît în cazul zidăriei din blocuri mari de beton celular, cu un număr mic de rosturi, la care zona neîncărcată influenţează mai puţin deformaţiile transversale şi deci rezistenţa zidăriei.

După modul de rupere în construcţiile de zidărie nearmate, comprimate excentric, se deosebesc două cazuri de calcul :

— cînd excentricitatea $e_0 \leqslant 0{,}45\, y$, deci întreaga secţiune este comprimată ; în acest caz în calcule se foloseşte S_c şi S_0, care reprezintă momentele statice ale zonei comprimate şi ale întregii secţiuni de zidărie luate în raport cu fibra de zidărie întinsă sau mai puţin comprimată ;

— cînd excentricitatea $e_0 > 0{,}45\, y$, deci la compresiune lucrează numai o parte a secţiunii şi valoarea excentricităţii se găseşte de obicei în limitele $0{,}5\, y < e_0 \leqslant e_{lim}$.

În ambele cazuri, secţiunea se rupe în urma atingerii rezistenţei de rupere a zidăriei în zona comprimată şi de aceea se poate folosi o formulă comună de calcul.

Cînd excentricitatea depăşeşte valoarea $e_{lim} = 0{,}6\, y$, pentru grupări fundamentale şi $e_{lim} = 0{,}7\, y$, pentru grupări speciale, trebuie să se facă şi verificarea zonei întinse.

În cazul elementelor solicitate la compresiune excentrică, excentricitatea de calcul se determină sumînd excentricitatea adiţională e_a la excentricitatea iniţială $e_0 = M/N$.

Nu se admit pentru zidăria nearmată excentricităţi mai mari de $0{,}9\, y$.

8.2.1.2.2. *Compresiune excentrică cu excentricitate mică.* În acest caz, $e_0 \leqslant 0{,}45\, y = 0{,}225\, h$, iar cedarea secţiunii începe în zona comprimată. Ipoteza stabilită de prof. A. A. G v o z d e v şi M. S. B o r i ş a n s k i, că pentru excentricităţi mici ($e_0 < 0{,}45\, y$) mărimea momentului de rupere al forţei normale, echilibrată de rezultanta eforturilor unitare interioare, în raport cu fibra cea mai puţin încărcată este independentă de mărimea excentricităţii, a fost confirmată şi prin experienţe efectuate asupra zidăriilor. Deci rezultanta tensiunilor sau a eforturilor unitare la compresiune poate fi aplicată în centrul de greutate al încărcării.

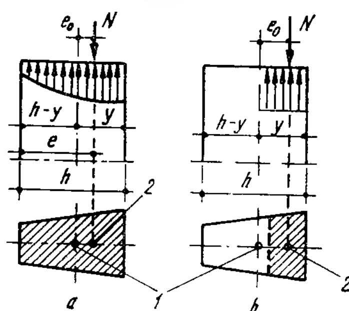


Fig. 8.4. Solicitarea unei element de zidărie la compresiune cu : *a* — excentricitate mică ($e_0 \leqslant 0{,}45\, y$) ; *b* — excentricitate mare ($e_0 > 0{,}45 y$) : *1* — centrul de greutate al secţiunii ; *2* — punctul de aplicare al forţei.

Scriind echilibrul dintre momentul forţelor exterioare cu momentul tensiunilor interioare în raport cu marginea cea mai îndepărtată de forţe, deci cea mai puţin solicitată, în momentul vecin ruperii, în cazul elementelor scurte, cu $\varphi = 1$ (fig. 8.4) rezultă :

$$N_r\,(e_0 + h - y) = A\, R^n_z\, (h - y), \qquad (8.3)$$

unde R^n_z este rezistenţa de rupere la compresiune centrică.

Împărţind cu $(h - y + e_0)$ se obţine :

$$N_r = \frac{A\, R^n_z\, (h-y)}{(h - y + e_0)},$$

care, prin scoaterea la numitor în factor comun a expresiei $(h - y)$ şi simplificarea fracţiei, devine :

$$N_r = c\, N^n = \frac{A\, R^n_z}{1 + \dfrac{e_0}{h - y}}. \qquad (8.4)$$

Trecind de la efortul de rupere la efortul de calcul şi ţinînd seama de flambaj, se poate scrie :

$$N = \varphi\, R_z\, A\, \psi = \varphi\, R_z\, A\, \frac{1}{1 + \dfrac{e_0}{h - y}}, \qquad (8.5)$$

unde φ este coeficientul de flambaj, care poate fi considerat printr-un calcul simplificat acelaşi ca în cazul compresiunii centrice, fără a se ţine seama de calculul de ordinul doi, întreaga secţiune fiind comprimată.

Expresia (8.5) conduce la o capacitate portantă puţin mărită pentru zidăriile din blocuri mari de beton celular, beton macroporos sau din pietre naturale. Se recomandă relaţia generalizată :

$$N < [N] = \varphi\, R\, A\, \psi, \qquad (8.6)$$

unde ψ exprimă coeficientul care ţine seama de influenţa excentricităţii şi naturii zidăriei asupra distribuţiei eforturilor unitare ca formă şi mărime (tab. 8.3).

Verificarea aproximativă a secţiunii se poate face, pe baza teoriei din rezistenţa materialelor, cu ajutorul formulei :

$$\sigma_{\pm} = N\left(\frac{1}{A} \pm \frac{6e_0}{W}\right); \ [\text{daN/cm}^2] \qquad (8.7)$$

pentru o secţiune dreptunghiulară, fără flambaj, rezultă :

$$\sigma_{\pm} = N\left(\frac{1}{A} \pm \frac{6e_0}{Ah}\right) = \frac{N}{A}\left(1 \pm \frac{6e_0}{h}\right), \ [\text{da N/cm}^2] \qquad (8.8)$$

8.2.1.2.3. *Compresiune excentrică cu excentricitate mare.* În cazul cînd $e_0 > 0{,}45\ y = 0{,}225\, h$, o parte din secţiune este întinsă, iar ruperea începe prin deschiderea fisurilor în zona întinsă şi cedarea se termină prin depăşirea în zona comprimată a rezistenţei de rupere la compresiune. Prof. L. I. O n i ş c i k consideră zona comprimată solicitată la *compresiune locală*, astfel că $R^n_{c,e} = R^n_{str}$, cu o distribuţie dreptunghiulară a tensiunilor în secţiune. Neglijînd

Natura zidăriei	Coeficienţii ψ pentru excentricităţi	
	mici, $e_0 \leqslant 0,45\, y$	mari, $e_0 > 0,45\, y$
Zidărie din cărămidă, blocuri mari de zidărie, blocuri mici ceramice şi de beton, zidărie de piatră brută	$\psi = \dfrac{1}{1 + \dfrac{e_0}{h - y}}$ pentru secţiuni dreptunghiulare ; $\psi = \dfrac{1}{1 + \dfrac{2\, e_0}{h}}$	$\psi = \sqrt[3]{\left(\dfrac{A_c}{A}\right)^2}$ pentru secţiuni dreptunghiulare : $\psi = \sqrt[3]{(1 - 2e_0/h)^2}$
Zidărie din blocuri mari de beton (exclusiv din beton celular şi beton macroporos)	$\psi = \dfrac{1}{1 + \dfrac{e_0}{h - y}}$ pentru secţiuni dreptunghiulare : $\psi = \dfrac{1}{1 + \dfrac{2\, e_0}{h}}$	$\psi = 1,25 \dfrac{A_c}{A}$ pentru secţiuni dreptunghiulare : $\psi = 1,25 \left(1 - \dfrac{2e_0}{h}\right)$
Zidărie din blocuri de beton, celular, beton macroporos şi din piatră naturală	$\psi = \dfrac{A_c}{A}$ pentru secţiuni dreptunghiulare : $\psi = 1 - \dfrac{2\, e_0}{h}$	$\psi = \dfrac{A_c}{A}$ pentru secţiuni dreptunghiulare : $\psi = 1 - \dfrac{2\, e_0}{h}$

zona întinsă a zidăriei, se poate scrie echilibrul forţelor exterioare verticale şi eforturilor interioare pe verticală în imediata vecinătate a ruperii :

$$R^n_{c,e} = R^n_{str} = R^n_z \sqrt[3]{\frac{A}{A_{str}}} = R^n_z \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}}, \ [\text{daN/cm}^2] \tag{8.9}$$

se obţine :

$$N_r = R^n_z A_c \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} = R^n_z A \sqrt[3]{\left(\frac{A_c}{A}\right)^2}, \ [\text{daN}] \tag{8.10}$$

unde $A_{str} = A_c$ este zona comprimată a secţiunii, care echilibrează forţa exterioară pentru o distribuţie dreptunghiulară a eforturilor unitare, după Pasternak,

Trecînd la forţa normală de calcul, se substituie R^n_z cu R_z şi rezultă :

$$N \leqslant [N] = \varphi_1 R A \left(\frac{A_c}{A}\right)^2 = \varphi_1 R_z A \psi, \tag{8.11}$$

unde φ_1 este coeficientul de flambaj pentru excentricităţi mari, la care se ţine seama de micşorarea secţiunii prin deschiderea parţială a fisurilor, considerat simplificat în calculul de ordinul întîi :

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2}; \tag{8.12}$$

φ — coeficientul de flambaj al întregii secţiuni ;
φ_c — coeficientul de flambaj pentru partea comprimată a secţiunii, A_c, cînd diagrama eforturilor unitare este dreptunghiulară.

Valorile coeficientului de flambaj φ_c se determină în funcţie de caracteristica elastică a zidăriei α şi de gradul de zvelteţe, β_c sau coeficientul de zvelteţe (subţirime) λ_c :

$$\beta_c = \frac{h'}{a_c}; \ \lambda_c = \frac{h'}{i_c} \tag{8.13}$$

unde : h' = $h/2$ cînd diagrama momentelor încovoietoare schimbă de semn pe înălţimea elementului, în cm ;
h' = h cînd diagrama momentelor încovoietoare este de acelaşi semn pe înălţimea elementului, în cm :
a_c — înălţimea suprafeţei A_c, în cm ;
i_c — raza de giraţie a suprafeţei A_c, în cm.

Partea comprimată a secţiunii A_c se poate determina cu formulele :
pentru secţiuni dreptunghiulare :

$$A_c = A\left(1 - 2\frac{e_0}{h}\right);$$

pentru secţiuni în T (fig. 8.5) :

— dacă excentricitatea este în zona plăcii :

$$x = \sqrt{\frac{b_1 a}{b_2}(2\, e_1 - a) + (e_1 - a)^2},$$

pentru $e_1 \leqslant a/2$, $x = e_1$;

— dacă excentricitatea este în zona nervurii :

$$x = \sqrt{\frac{b_2 b}{b_1}(2\, e_2 - b) + (e_2 - b)^2}.$$

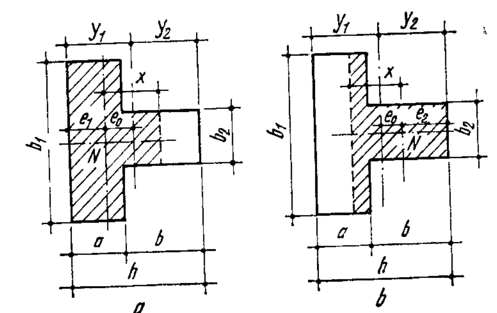


Fig. 8.5. Stabilirea suprafeţei comprimate, A_c, a secţiunilor în formă de T :
a — cînd excentricitatea este în zona plăcii ; *b* — cînd excentricitatea este în zona nervurii.

Pentru cazul general al secțiunilor de forme neregulate, înălțimea zonei comprimate a secțiunii se poate determina din condiția anulării momentului static al diagramei eforturilor unitare față de axa care trece prin punctul de aplicație al forței.

Formulele (8.11) și (8.13) dau valori prea mari pentru panourile de zidărie vibrată, pentru zidăriile din blocuri mari de beton, beton celular sau macroporos și din pietre naturale, pentru care se poate folosi formula :

$$N \leqslant [N] = m_{c,e}\ \varphi_c\ R\ A_c\ , \tag{8.14}$$

unde : $m_{c,e}$ = 1,25 pentru panouri mari de zidărie vibrată și blocuri mari de beton ;

$m_{c,e}$ = 1 pentru zidării din blocuri mari de beton celular, beton macroporos și pietre naturale.

Simplificat formula generală pentru $e_0 > 0{,}45\ y$ poate fi scrisă sub forma :

$$N \leqslant [N] = \psi \varphi_c\ R_z\ A. \tag{8.15}$$

8.2.1.3. **Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune excentrică oblică.** Se folosesc formule analoage cu (8.6) și (8.15) pentru calculul prin metoda la stări limite. Aria porțiunii comprimate a secțiunii A_c, necesară stabilirii coeficientului ψ (v. tab. 8.3), în funcție de punctul de aplicație al forței, poate fi triunghiulară, trapezoidală sau poligonală. Coeficientul de flambaj se determină pentru fiecare caz în parte pe bază de indicații speciale. Fenomenul compresiunii excentrice oblice încă n-a fost suficient verificat experimental la zidărie.

8.2.1.4. **Calculul secțiunilor de zidărie la compresiune locală (strivire).** Solicitarea de strivire este des întîlnită în practica construcțiilor de zidărie la rezemarea grinzilor planșeelor, a fermelor, a stîlpilor de oțel sau beton armat. În metoda la stări limită se poate scrie :

$$N_{str} \leqslant \mu\ R_{str}\ A_{str}, \tag{8.16}$$

unde : N_{str} este valoarea încărcării locale, în daN ;

R_{str} — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune locală, în daN/cm² ;

A_{str} — aria secțiunii la care se transmite încărcarea (suprafața de strivire), în cm² ;

μ — coeficient de formă a diagramelor presiunilor transmise de încărcarea locală, care se ia $\mu = 1$, pentru distribuție dreptunghiulară a presiunilor și $\mu = 0{,}5$, pentru distribuția triunghiulară a presiunilor.

Cînd presiunile sînt uniform distribuite pe suprafața de strivire, R_{str} se calculează cu formula :

$$R_{str} = R_z \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_{str}}} \leqslant 2\ R_z\ , \tag{8.17}$$

în care A_c este suprafața convențională de calcul la strivire, calculată în funcție de locul de aplicare al încărcării (fig. 8.6).

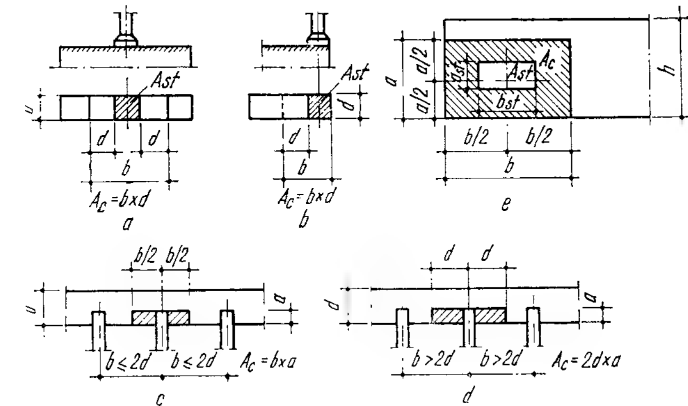


Fig. 8.6. Stabilirea suprafețelor convenționale de calcul la strivire, A_c, pentru compresiune locală aplicată :

a — în cîmpul peretelui, pe întreaga lui lățime ; *b* — la capătul peretelui, pe întreaga lui lățime ; *c* — din grinzi de planșeu amplasate la $b \leqslant 2d$; *d* — din grinzi de planșeu amplasate la $b > 2d$; *e* — pe o porțiune din perete, la capătul lui.

La rezemarea grinzilor sau plăcilor de planșeu pe ziduri se consideră în mod simplificat că diagrama presiunilor sub extremitatea grinzii are forma unui triunghi și deci :

$$N_{str} = \frac{ab}{2} R^n_{str} \text{ sau } N_{str} = 0{,}5\ R_{str}\ A_{str}\ . \tag{8.18}$$

Micșorarea presiunilor locale în zidărie se realizează cu dispozitive de repartizare : grinzi, plăci etc. executate din materiale mai rezistente și mai rigide decît zidăria (de obicei beton armat sau oțel), astfel că forțele sînt repartizate în zidărie uniform pe o suprafață mai mare, scăzînd rezistența efectivă la compresiune locală, sub rezistența limită de rupere la compresiune locală (strivire).

8.2.1.5. **Calculul secțiunilor de zidărie la întindere centrică, forfecare și încovoiere.** În cazul în care solicitarea de întindere se produce prin secțiuni legate, condiția de echilibru este :

$$N \leqslant [N] = R_t A, \tag{8.19}$$

unde R_t este rezistența de calcul a zidăriei la întindere axială prin secțiuni legate, în daN/cm².

În cazul solicitării de forfecare, forța tăietoare de calcul T aplicată de-a lungul rosturilor orizontale ale zidăriei nearmate (fig. 8.7) trebuie să satisfacă relația :

$$Q \leqslant [Q] = (R_f + f\ \sigma_0)\ A, \tag{8.20}$$

unde σ_0 este efortul unitar mediu de compresiune din secțiune, în daN/cm², pentru gruparea de încărcări care dă cea mai mică valoare a forței axiale ; încărcările din greutatea proprie se înmulțesc cu un coeficient de încărcare subunitar egal cu 0,9.

Valoarea forței de forfecare de calcul după un rost nelegat este dată de formula :

$$Q \leqslant [Q] = A(R_f + 0{,}7\ \sigma_0), \text{ cînd } f = 0{,}7. \tag{8.21}$$

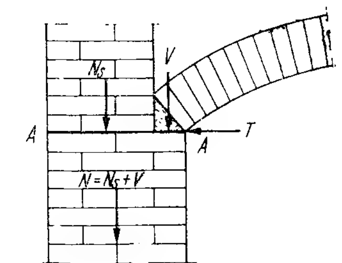


Fig. 8.7. Perete din zidărie supus la forfecare, după secțiunea $A - A$.

Secțiunile încovoiate de zidărie, care este un material elasto-plastic, prezintă o distribuție curbilinie a

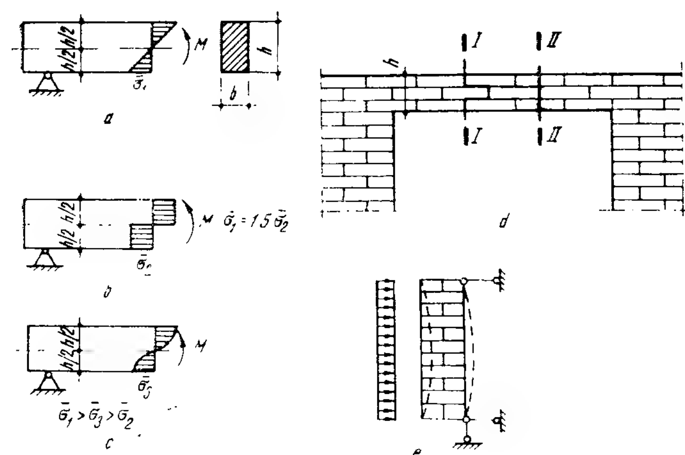


Fig. 8.8. Solicitarea zidăriei la încovoiere :

a; *b*; *c* — diagrame de eforturi unitare din încovoiere pe înălțimea secțiunii, triunghiulare, dreptunghiulare, respectiv curbilinii; *d*; — încovoierea zidăriei după secțiuni legate (I — I) și prin rosturi și piatră (II—II); *e* — încovoierea zidăriei după secțiuni nelegate.

eforturilor unitare (fig. 8.8, *c*), iar ruperea zidăriei la încovoiere are loc în urma distrugerii zonei întinse. Se consideră că rezistența de calcul la întindere din încovoiere $R_{t,i}$ este cu 33...50 % mai mare decît rezistența la întindere axială R_t :

$$R_{t,i} = (1{,}33\ldots1{,}5)\, R_t \ [\mathrm{daN/cm^2}] \qquad (8.22)$$

În calculul materialelor ideal elastice $R_{t,i} = R_t$.

Momentul de calcul al zidăriei nearmate la încovoiere trebuie să satisfacă condiția :

$$M \leqslant [M] = R_{t,i}\, W \ [\mathrm{daN/cm^2}] \qquad (8.23)$$

unde W este modulul de rezistență al secțiunii pentru o comportare elastică.

Ruperea zidăriei la încovoiere după secțiuni legate poate avea loc prin rosturi (secțiunea $I-I$, fig. 8.8,*d*), cît și prin piatră (secțiunea $II-II$). Verificarea rezistenței trebuie să se facă pentru ambele secțiuni, pe baza formulei (8.23) și a rezistențelor la întindere din încovoiere $R_{t,i}$, corespunzătoare. Nu se admite proiectarea construcțiilor de zidărie care lucrează după secțiuni nelegate, nefiind asigurată în suficientă măsură o rezistență controlată a zidăriei.

Forța tăietoare de calcul Q la încovoiere trebuie că satisfacă condiția

$$Q \leqslant [\,Q\,] = R_{pr}\, b\, z, \qquad (8.24)$$

unde R_{pr} este rezistența de calcul la eforturi principale de întindere din încovoiere;
b — lățimea secțiunii;
z — brațul de pîrghie al cuplului interior de forțe pentru distribuția triunghiulară a eforturilor unitare; pentru secțiuni dreptunghiulare $z = 2\,h/3$, iar pentru secțiuni oarecare $z = I/S$.

8.2.2. CALCULUL LA STĂRILE LIMITĂ DE FISURARE ȘI DEFORMAȚIE ALE EXPLOATĂRII NORMALE

8.2.2.1. **Calculul la fisurare.** Calculul la apariția și deschiderea fisurilor sau a rosturilor se face în următoarele cazuri :

— la elementele de zidărie simplă solicitate la compresiune excentrică cu $e_0 > e_{lim}$, deoarece un rost deschis prea mult în zona întinsă nu numai că împiedică exploatarea în condiții normale, dar și periclitează rezistența zidăriei;

— la construcțiile la care condițiile de exploatare limitează deschiderea fisurilor în zona întinsă; de exemplu, se cere împiedicarea apariției fisurilor în tencuială sau în placaj sau limitarea deschiderii lor, fără nici o micșorare a rezistenței și stabilității elementelor portante de rezistență.

Calculul la fisurare se face printr-un calcul de rezistență cu ajutorul tensiunilor de întindere sau cu ajutorul valorilor limită ale deformațiilor diferite, după cum este vorba de apariția sau de deschiderea fisurilor. Calculul la fisurare nu se face pentru încărcări extraordinare.

În calculul la fisurare pe baza criteriului de rezistență, eforturile unitare de întindere sînt precizate și limitate prin înmulțirea rezistenței de calcul la întindere cu coeficienții de lucru ai elementelor de zidărie la fisurare m_f (tab. 8.4).

Calculul la fisurare (deschiderea rosturilor zidăriei) al elementelor nearmate se face pe baza următoarelor ipoteze :

— eforturile solicitate se determină pentru încărcările de calcul :

— se consideră efortul unitar de la marginea secțiunii, $m_f\ R_t$, corespunzător deformațiilor din zona întinsă ;

— calculul se face pentru întreaga secțiune fără a se lua în considerație deschiderea rostului ;

— se admite distribuția liniară a tensiunilor, ca în cazul materialelor cu comportare elastică, folosindu-se formulele din rezistența materialelor :

$$R_{t,i}\, m_f = \frac{M}{W} - \frac{N}{A} = \frac{Ne_0}{W} - \frac{N}{A} = N\left(\frac{e_0}{W} - \frac{1}{A}\right). \qquad (8.25)$$

Explicitînd :

$$W = \frac{I}{h-y},$$

rezultă :

$$N \leqslant \frac{m_f\, R_{t,i}\, A}{\dfrac{A(h-y)e_0}{I} - 1}, \qquad (8.26)$$

unde m_f este coeficientul condițiilor de lucru la fisurare stabilit în funcție de gradul de durabilitate a construcției și condițiile de lucru a zidăriei (v. tab. 8.4).

Tabelul 8.4

Elementul de zidărie	Valoarea coeficientului de fisurare, m_f
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuieli obișnuite	2,0
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială hidroizolatoare, lucrînd la presiunea hidrostatică a unui lichid	1,5
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială decorativă, la construcțiile cu finisaje de calitate superioară	1,2
Elemente de zidărie solicitate la compresiune excentrică, realizate cu tencuială sau placaje antiacide	1,0

Pentru o secțiune dreptunghiulară :

$$N \leqslant \frac{m_f R_{t,i} A}{\frac{6 e_0}{h} - 1} = \frac{m_f R_{t,i} A}{\frac{A e_0}{W} - 1} . \quad (8.27)$$

Calculul eforturilor se face pentru încărcări normate în cazul cînd deschiderea rosturilor zidăriei poate conduce la apariția de fisuri în tencuieli și placaje, fără însă ca rezistența și stabilitatea elementului de zidărie să fie în pericol și cînd $e_0 < e_{lim}$.

Calculul de fisurare cu ajutorul valorilor limită maxime ale deformațiilor (tab. 8.5 și 8.6) constă în limitarea deformațiilor elementelor portante de zidărie și ale scheletului de rezistență pe care reazemă zidăria, astfel ca să se înlăture apariția unor deformații sau a unor fisuri inadmisibile în condiții normale de exploatare, atît în zidărie cît și în straturile de protecție sau de acoperire (tencuieli, placaje etc.) ale zidăriei. Deformațiile specifice sînt mai reduse pentru cazurile cînd nu este admisă apariția fisurilor în tencuielile de pe suprafața întinsă a zidăriei (v. tab. 8.6).

Tabelul 8.5

Natura deformațiilor	Deformațiile specifice maxime, ε_{max}
Compresiune	$\frac{0,4}{\alpha}$
Întindere axială și încovoiere : — prin secțiuni legate — prin secțiuni nelegate	 $0,15 \cdot 10^{-3}$ $0.18 \cdot 10^{-3}$

Observație : ε_{max} reprezintă deformațiile specifice ale zidăriei la compresiune, întindere și încovoiere sub acțiunea încărcărilor fundamentale și temporare normate.

Tabelul 8.6

Natura și rolul tencuielii	Deformațiile specifice maxime, ε_{max} ale zidăriei solicitată la întindere
Tencuieli cu mortar de var	$0,20 \cdot 10^{-3}$
Tencuieli cu mortar de ciment-var și ciment	$0,15 \cdot 10^{-3}$
Tencuială hidrofugă cu mortar de ciment, tencuială pentru construcții supuse presiunii hidrostatice a lichidelor	$0,08 \cdot 10^{-3}$
Tencuială antiacidă pe bază de sticlă solubilă și un rînd de placaj din plăci (diabaz, bazalt) cu chit antiacid	$0,05 \cdot 10^{-3}$
Două sau trei straturi de plăci de piatră cu chit antiacid : — în lungul laturii lungi a plăcilor — în lungul laturii scurte a plăcilor	 $0,10 \cdot 10^{-3}$ $0,08 \cdot 10^{-3}$

Observație : În cazul armării longitudinale a elementelor de construcție, precum și în cazul tencuielii pe plasă a elementelor de construcție nearmate, deformațiile maxime se majorează cu 25%

8.2.2.2. **Verificarea la starea limită de deformație a pereților autoportanți.** Verificarea la deformație se face, de obicei pentru pereții autoportanți, ancorați de scheletul de rezistență (stîlpi, rigle, centuri, contravîntuiri), astfel că este posibilă deformarea lor separată, cînd rezistența și stabilitatea lor sub acțiunea încărcărilor orizontale sau excentrice sînt suficiente pentru a le prelua fără scheletul portant. Deformațiile elementelor portante ale scheletului de rezistență de care este ancorată zidăria se determină, în calculul la stări limită, la acțiunea încărcărilor fundamentale și temporare, fără a se lua în considerație conlucrarea zidăriei. Se recomandă ca în aprecierea încărcărilor temporare de lungă durată să se ia în considerație, în cazul scheletelor de rezistență din beton armat și deformațiile de curgere lentă.

Un caz curent îl constituie calculul *pereților autoportanți* de zidărie folosită la clădiri cu structură elastică și schelet portant, care transmit încărcarea orizontală (vîntul) acționînd perpendicular, în următoarele ipoteze ;

— întreaga încărcare orizontală se transmite numai scheletului, care lucrează fără conlucrarea zidăriei ;

— deformațiile peretelui autoportant urmează îndeaproape și complet deformațiile scheletului, astfel că se verifică ca raza de curbură a peretelui ρ_z să fie egală cu raza de curbură a scheletului care îl susține ρ.

Acestea se calculează în secțiunile cu moment maxim pentru scheletul portant, ținînd seama de deformațiile de întindere din încovoiere, care trebuie să fie întotdeauna mai mici decît deformațiile specifice maxime, ε_{max} (v. tab. 8.5).

Pe fața întinsă a pereților (fig. 8.9, *c*) se înregistrează o deformație specifică care trebuie să fie mai mică decît ε_{max} (v. tab. 8.5) și care rezultă din deformațiile de întindere din încovoiere, ε_i și deformațiile de compresiune, ε_0 date de greutatea proprie a pereților și de alte încărcări verticale. Deformațiile specifice limită, ε_{max}, sînt mai reduse (v. tab. 8.6) cînd, în unele cazuri, condițiile de exploatare impun evitarea apariției fisurilor (tencuieli hidrofuge, antiacide, anticorosive etc.).

În general, calculul la starea limită de deformație a pereților autoportanți constă în asigurarea condiției :

$$\varepsilon = |\varepsilon_i| + |\varepsilon_0| < \varepsilon_{max}. \quad (8.28)$$

Deformația specifică a peretelui reprezintă suma algebrică a deformațiilor de întindere din încovoiere, ε_i și ale deformațiilor de compresiune axială, ε_0.

Calculul deformațiilor ε_i și ε_0 se poate face cu aproximație pe baza formulelor din rezistența materialelor elastice, după care (fig. 8.9, *c*) :

$$\varepsilon_i = \frac{h - y}{\rho} = \frac{M^n (h - y)}{EI} \quad (8.29)$$

$$\varepsilon_0 = \frac{N_z^n}{E_z A_z} \quad (8.30)$$

unde M^n este momentul încovoietor din elementul scheletului, produs de încărcările normate, în daN cm ;

EI — rigiditatea la încovoiere a elementului din scheletul portant, în daN cm²;

5 — c. 374

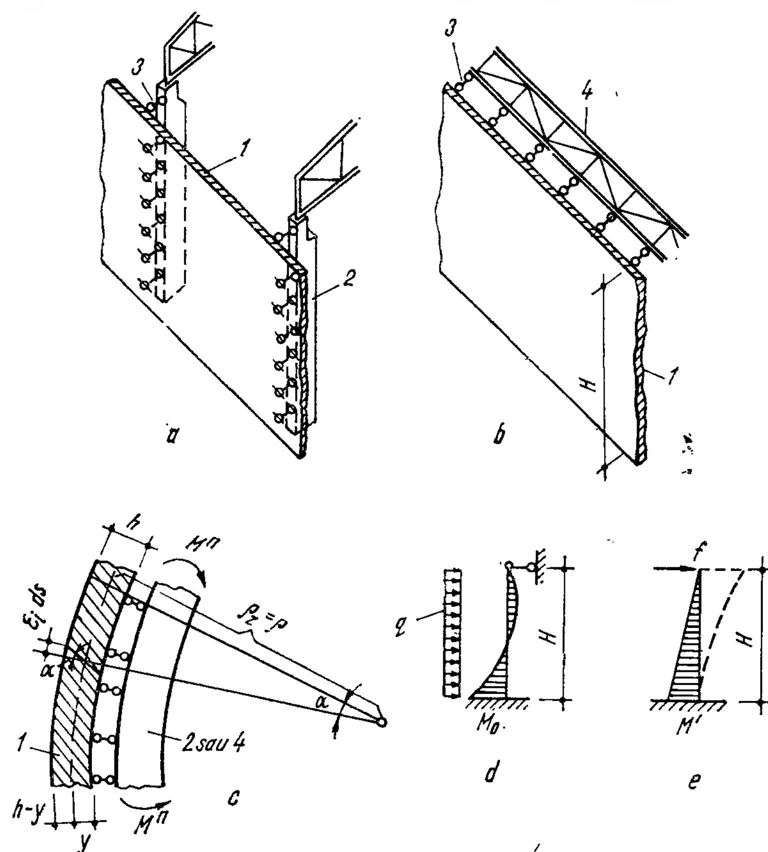


Fig. 8.9. Schema pentru calculul pereților autoportanți la deformație:
a — rezemarea pereților pe stîlpi (reazeme verticale); *b* — rezemarea pereților pe elemente orizontale; *c* — schema de calcul a deformațiilor; *d*; *e* — scheme de calcul pentru determinarea momentelor încovoietoare la pereții autoportanți; *1* — perete autoportant *2* — stîlpul scheletului de rezistență *3* — ancoraje; *4* — element de reazem orizontal (planșeu, contravîntuire).

$(h - y)$ este distanța de la centrul de greutate al secțiunii zidăriei peretelui pînă la fața întinsă a peretelui, în cm;

N_z^n — forța normală de compresiune din zidăria peretelui, produsă de încărcările normate, în daN;

E_z, A_z, I_z — modulul de elasticitate, suprafața și momentul de inerție al zidăriei, în daN/cm², cm², respectiv cm⁴.

Cînd se verifică numai deformațiile la încovoiere. $N_z^n = 0$ și $\varepsilon_0 = 0$.

Calculul la deformație se poate face și cu ajutorul rigidității scheletului, folosind formula:

$$E\,I \geqslant \frac{M^n(h-y)}{\varepsilon_{max} + \varepsilon_o}. \tag{8.31}$$

Pereții autoportanți se verifică și la starea limită a capacității portante sub acțiunea momentului încovoietor de calcul.

Cînd peretele este rezemat numai de stîlpii scheletului prin ancoraje (fig. 8.9, *a*), excentricitatea rezultată din aplicarea forței normale de calcul se mărește

cu excentricitatea dată de momentul încovoietor produs de încărcările orizontale, e_s, care se evaluează pornind de la momentul normat al zidăriei, determinat pe baza caracteristicilor geometrice:

$$M_z^n = \frac{E_z I_z}{\rho_z}\ [\text{daN cm}]\,. \tag{8.32}$$

Se ține seama că $\rho_z = \rho$ și cu formula (8.29) se scrie:

$$\rho = \rho_z = \frac{h-y}{\varepsilon_i}, \tag{8.33}$$

care introdusă în (8.32) și exprimată în valori de calcul, dă:

$$M_z = \frac{n\varepsilon_i E_z I_z}{h-y},\ [\text{daN cm}] \tag{8.34}$$

unde M_z este momentul încovoietor de calcul din forțe orizontale, transmis scheletului.

Forța normală de calcul din zidărie, în funcție de caracteristicile geometrice se determină cu relația

$$N_z = n_o\,\varepsilon_0\,E_z\,A_z.\ [\text{daN}] \tag{8.35}$$

Rezultă:

$$e_s = \frac{M_z}{N_z} = \frac{n_i\,\varepsilon_i\,i_z^2}{n_o\,\varepsilon_o(h-y)}\cdot[\text{cm}] \tag{8.36}$$

Cînd pereții sînt rezemați prin ancoraje numai de un singur element orizontal al scheletului: centură, contravîntuire etc. (fig. 8.9, *b*), excentricitatea e_o, în cm, se poate determina cu formula:

$$e_o = e_r + e_s = \frac{M_o + M'}{N_z}, \tag{8.37}$$

unde: e_r este excentricitatea dată de M_0, în cm;

e_s — excentricitatea dată de M' cînd reazemul superior este liber, în cm;

M_o — momentul încovoietor de calcul la baza peretelui (fig. 8.9, *d*), încastrat la capătul de jos și rezemat pe un reazem fix, la capătul superior, în daN cm;

M' — momentul încovoietor de calcul la baza peretelui, produs de deplasarea reazemului pe orizontală cu valoarea f (fig. 8.9, *e*).

La determinarea săgeții f a centurii sau contravîntuirii nu se ia în considerație descărcarea zidăriei, care micșorează săgeata. Determinarea lui M' se face considerînd ansamblul stîlp-perete ca o consolă încastrată în fundație, încărcată cu o forță P la partea superioară, a cărei săgeată din încovoierea datorită încărcării de calcul este nf:

$$n\,f = \frac{PH^3}{3\,E_z\,I_z},\ [\text{cm}] \tag{8.38}$$

Dar $M' = PH$ şi cu ajutorul formulei (8.38) se poate scrie:

$$M' = \frac{3nfE_zI_z}{H^2}, \text{ [daN/cm]} \tag{8.39}$$

unde: n este coeficientul încărcării pentru forţele care provoacă încovoierea;
f — săgeata la încovoiere a părţii superioare a peretelui sub acţiunea încărcărilor normate, limitată de condiţiile de deformare, în cm;
H — distanţa de la punctul de încastrare al peretelui pînă la reazemul orizontal (centură, contravîntuire orizontală etc.).

Cînd deformaţiile de întindere din încovoiere stabilite cu relaţia (8.29) depăşesc valorile extreme, ε_{max}, se majorează rigiditatea elementului din schelet sau se întăreşte zidăria, de exemplu cu armare longitudinală.

8.3. CALCULUL SECŢIUNILOR DE ZIDĂRIE MIXTĂ, ARMATĂ ŞI COMPLEXĂ

8.3.1. CALCULUL SECŢIUNILOR DIN ZIDĂRIE MIXTĂ

Pereţii din mai multe straturi verticale de grosimi diferite se consideră în calcul cu o grosime egală cu suma *grosimilor echivalente* ale fiecărui strat.

Capacitatea portantă a zidăriei mixte depinde atît de rezistenţa sa de rupere şi de secţiunea transversală a fiecărui strat, cît mai ales de proprietăţile de deformare a fiecărui strat, ca şi de ţeserea şi aşezarea reciprocă a straturilor între ele. Cînd o zidărie mixtă este realizată din două straturi A şi B (fig. 8.10), care lucrează separat, solicitată la compresiune centrică, cele două straturi se deformează separat ca în figura 8.10, *a*. Cînd stratul A a atins deja alungirea specifică la rupere ε_{rA} şi deci rezistenţa sa de rupere R_A^n, în stratul B se dezvoltă un efort unitar σ_B, alungirea specifică la rupere a stratului B fiind $\varepsilon_{rB} > \varepsilon_{rA}$, astfel că $\sigma_B < R_B^n$ adică:

$$\sigma_B = m_B R_B^n, \text{ cu } m_B < 1. \tag{8.40}$$

Fig. 8.10. Scheme de calcul pentru zidăria mixtă:
a — curbe de deformaţi pentru structurile A şi B solicitate la compresiune centrică; *b* — scheme de calcul pentru raportarea zidăriei cu două straturi, faţă de stratul A; *c* — scheme de calcul pentru zidăria mixtă cu trei straturi avînd $R_A^n > R_B^n > R_C^n$.

Cînd straturile A şi B sînt solidarizate între ele, acestea se deformează solidar, iar ruperea stratului principal A caracterizează capacitatea portantă maximă a zidăriei mixte, deoarece sporirea capacităţii portante a secţiunii pe seama singurului strat B este imposibilă în majoritatea cazurilor. În acest caz se poate scrie:

$$N_r = R_A^n A_A + m_B R_B^n A_B, \text{ [daN]} \tag{8.41}$$

Prin împărţirea cu suprafaţa totală a secţiunilor componente, A, se obţine rezistenţa de rupere a zidăriei mixte:

$$R_{red}^n = \frac{N_r}{A} = \frac{R_A^n A_A + m_B R_B^n A_B}{A}, \text{ [daN/cm}^2\text{]} \tag{8.42}$$

unde: A_A, A_B sînt suprafeţele secţiunilor diferitelor straturi;
R_A^n, R_B^n — rezistenţele de rupere ale diferitelor straturi (în caz că straturile sînt de beton se iau rezistenţele prismatice, egale cu rezistenţele normate);
m_B — coeficientul de utilizare al stratului B în zidăria mixtă.

Deoarece unul din straturile componente, considerat ca strat principal, poate fi mai rigid decît celelalte straturi, formula (8.42) poate fi scrisă în funcţie de coeficienţii de utilizare ai rezistenţei fiecărui strat, în raport cu rezistenţa normată, de rupere a stratului principal, astfel:

$$R_{red}^n = \frac{m_1 R_1^n A_1 + m_2 R_2^n A_2}{A_1 + A_2}, \tag{8.43}$$

unde: R_{red}^n este rezistenţa echivalentă de rupere a zidăriei mixte, cu straturile dispuse simetric sau asimetric, în daN/cm²;
m_1, m_2 — coeficienţii de utilizare ai rezistenţei diferitelor straturi; în calculul la stări limită sînt coeficienţii condiţiilor de lucru.

Calculul pereţilor din zidărie mixtă indiferent de modul cum sînt aşezate straturile se face în raport cu rezistenţa de calcul echivalentă convenţională, determinată cu formula:

$$R_{echiv} = \frac{m_1 A_1 R_1 + m_2 A_2 R_2}{A_1 + A_2} = \sum \frac{m_i A_i R_i}{A_i} \tag{8.44}$$

unde: $A_1, A_2, \ldots, A_i$ sînt ariile diferitelor straturi, în cm²;
$R_1, R_2, \ldots, R_i$ — rezistenţele de calcul ale diferitelor straturi, în daN/cm²;
$m_1, m_2, \ldots, m_i$ — coeficienţii de utilizare ai rezistenţelor diferitelor straturi ale zidăriei mixte.

În calculul zidăriei mixte, de exemplu a pereţilor alcătuiţi din mai multe straturi verticale de materiale diferite, se consideră ca centru de greutate al secţiunii zidăriei mixte, centrul de greutate al secţiunii echivalente redusă la un singur material.

Pentru reducerea secţiunii se iau grosimile efective ale straturilor, iar lăţimile se schimbă proporţional cu raportul dintre rezistenţele de calcul ale straturilor şi rezistenţa de calcul a stratului principal, folosind (pentru calculul la stări limită) formula:

$$b_{echiv.i} = b_i \frac{R_i}{R_p} \tag{8.45}$$

unde b_i, $b_{echiv.i}$ sînt lăţimile efectivă şi echivalentă ale stratului i, în cm;
R_i — rezistenţa de calcul a stratului i, în daN/cm²;
R_p — rezistenţa de calcul a stratului principal faţă de care se dimensionează zidăria, în daN/cm².

Lăţimea (grosimea, înălţimea) totală echivalentă a secţiunii egală cu suma lăţimilor echivalente ale straturilor componente se nota poate h sau b.

Pereţii de zidărie mixtă solicitaţi la compresiune centrică dar cu excentricitate accidentală se calculează ca elemente solicitate la compresiune excentrică, cu excentricitate mică, ca în cazul pereţilor din zidărie simplă, cu relaţia:

$$N \leqslant m_u \varphi R_{echiv} A \psi, \tag{8.46}$$

unde: N este forţa axială de calcul, în daN;

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_o}{h - y}};$$

e_o — excentricitatea faţă de centrul de greutate al secţiunii echivalente, în cm;

A — aria secţiunii totale (efectivă a straturilor portante), în cm²;

R_{echiv} — rezistenţa de calcul echivalentă, convenţională, la compresiune a zidăriei mixte, în daN/cm²;

φ — coeficientul de flambaj;

m_u — coeficientul condiţiilor de lucru ale elementului solicitat la compresiune excentrică, care ţine seama de influenţa legăturilor şi care se determină cu formula:

$$m_u = m_o\left(1 - \frac{e_o}{4y}\right)$$

$m_o = 1$, pentru legături ale zidăriei aşezate de-a curmezişul (în lăţimea zidului) la distanţă de cel mult 40 cm (3 sau 4 rînduri pentru zidărie de cărămidă şi 2 rînduri pentru zidărie de piatră sau blocuri);

$m_o = 0{,}9$, pentru distanţa între rîndurile de legătură cel mult 60 cm (6...8 rînduri pentru zidăria de cărămidă şi 3 rînduri pentru zidărie de piatră sau blocuri).

Pereţii din zidărie mixtă solicitaţi la compresiune cu excentricitate mare ($e_0 > 0{,}45\ y$) se calculează cu relaţia:

$$N \leqslant m_u\ \varphi_u\ A R_{echiv}\ \psi, \tag{8.47}$$

unde: N este forţa axială de calcul, în daN;

A — aria secţiunii totale a straturilor portante, efectivă, în cm²;

A_{echiv} — aria secţiunii echivalente, în cm²;

A'_{echiv} — partea din aria secţiunii echivalente care echilibrează forţa dispusă excentric; cînd diagrama eforturilor unitare este dreptunghiulară se poate determina cu formula $A'_{echiv} \simeq 2\, b_{echiv}\ (y - e_o)$;

$$\psi = \sqrt[3]{\left(\frac{A'_{echiv}}{A_{echiv}}\right)^2};$$

$$\varphi_u = \frac{\varphi + \varphi'}{2};$$

φ — coeficientul de flambaj pentru secţiunea A_{echiv};

φ' — coeficientul de flambaj pentru secţiunea A'_{echiv};

R_{echiv} — rezistenţa de calcul echivalentă la compresiune a zidăriei, în daN/cm².

Pentru zidăriile mixte cu legături din cărămidă dispuse pe lăţimea zidului sau cu legături metalice şi strat de beton de marcă minimum 10, coeficienţii de flambaj se iau în funcţie de valoarea minimă a caracteristicii de elasticitate a zidăriei, α, pentru straturile exterioare, ca pentru secţiunea totală a peretelui.

Pentru zidăriile fără legături, cu straturi (termoizolante) avînd rezistenţe de rupere mai mici de 10 daN/cm², fiecare strat se consideră că lucrează independent, coeficientul de flambaj se ia ca valoarea medie dintre coeficientul de flambaj pentru întreaga grosime a peretelui şi cel al celui mai subţire strat exterior.

8.3.2. CALCULUL SECŢIUNILOR DIN ZIDĂRIE ARMATĂ

Conlucrarea zidăriei şi armăturii sub încărcări este asigurată în zidăriile armate prin marca superioară a mortarului din rosturi, în care se montează armătura. Prin folosirea zidăriilor armate se obţine: mărirea capacităţii portante a elementelor de rezistenţă din zidărie (ziduri, stîlpi etc.), deci reducerea dimensiunilor acestora şi mărirea stabilităţii construcţiilor, în special în regiunile seismice; rezistenţă mărită contra vibraţiilor şi încărcărilor dinamice, necesară mai ales la clădirile industriale.

8.3.2.1. **Zidărie cu armare transversală.** Armarea transversală din rosturi împiedică dezvoltarea deformaţiilor transversale şi preia eforturile de întindere care constituie una din cauzele ruperii zidăriei, obţinîndu-se o sporire a rezistenţelor de rupere a zidăriei. Capacitatea portantă la compresiune a zidăriei armate este egală cu suma capacităţilor portante ale zidăriei şi armăturii, lucrînd la tensiuni corespunzătoare rezistenţei de rupere la compresiune, respectiv limitei de curgere.

Eficacitatea sa este maximă pentru solicitări care provoacă deformaţii transversale mari în mortar, adică pentru compresiune centrică şi excentrică, cu excentricitate mică, scăzînd repede odată cu creşterea excentricităţii ($e_o \leqslant 0{,}15\ h$, măsurat pe direcţia excentricităţii) şi a gradului de subţirime ($\lambda_f \leqslant 15$, pentru secţiuni dreptunghiulare).

Procentele de armare folosite sînt (0,1...1)%:

$$\mu_1 = \frac{V_a}{V_z} 100 = \frac{(C_1 + C_2) A_a}{C_1 C_2 s}\ 100, \tag{8.48}$$

unde: C_1, C_2 sînt distanţele între barele de armătură pe cele două direcţii, în cm;

A_a — aria unei bare de armătură, în cm²;

s — distanţa pe verticală între rosturile armate, în cm.

Rezistenţa de rupere la compresiune a zidăriei cu armare transversală din pietre de toate tipurile, cu înălţimea rîndului $\leqslant$ 150 mm şi cu mortar de marcă $\geqslant$ M 50 se poate exprima cu relaţia:

$$R^n_{a,t} = R^n_z + \frac{2\, R^n_a \mu_1}{100}, \tag{8.49}$$

unde R_z^n este rezistența de rupere a zidăriei.

Relația (8.49) se poate scrie pentru o armătură cu $R_a^n = R_c = 2500$ daN/cm², sub forma:

$$R_{a,t}^n = R_z^n + 50\,\mu_1. \quad (8.50)$$

Proprietățile de deformare sînt modificate în funcție de procentele de armare μ_1, de către caracteristica de elasticitate $\alpha_{a,t}$, determinată experimental, avînd expresia:

$$\alpha_{a,t} = \frac{\alpha}{1 + 3\mu_1}. \quad (8.51)$$

Modulul de elasticitate variază cu marca mortarului și cu procentul de armare, valoarea sa fiind dată în mod analog de aceleași formule ca și pentru zidăria nearmată:

— *pentru determinarea deformațiilor:*

$$E = 0{,}8\,E_o = 0{,}8\,\alpha_{a,t}\left(R_z^n + \frac{2\mu_1 R_a^n}{100}\right), \ [\text{daN/cm}^2]; \quad (8.52)$$

— *pentru calculul zidăriei la starea limită ultimă de rezistență,* în stadiul de rupere:

$$E = 0{,}5\,E_o = 0{,}5\alpha_{a,t}\left(R_z^n + \frac{2\mu_1 R_a^n}{100}\right), \quad [\text{daN/cm}^2]. \quad (8.53)$$

Elementele solicitate la compresiune cu excentricitate mică se calculează cu relația:

$$N \leqslant \varphi R_{a,t,ex}\, A\, \psi, \quad [\text{daN}] \quad (8.54)$$

unde: A este aria secțiunii transversale, în cm²;

$R_{a,t,ex}$ — rezistența de calcul a zidăriei la compresiune excentrică, calculată diferit, în funcție de marca mortarului, dacă este mai mare sau mai mică de 50;

$$\psi = \frac{1}{1 + \frac{e_o}{h - y}}.$$

Pentru elementele de zidărie cu armare transversală și excentricitate mare, calculul se face ca pentru zidăria nearmată, deoarece în acest caz armarea transversală cu plase nu mărește rezistența zidăriei.

8.3.2.2. **Zidărie cu armare longitudinală.** Se consideră că în cazul armăturii. așezată la interiorul zidăriei, în momentul ruperii, tensiunile în zidărie ating limita de rezistență la rupere, iar în armătură limita de curgere. Zidăria cu armare longitudinală este mai des folosită decît cea cu armare transversală însă, în vecinătatea ruperii, zidăria este folosită numai 85% din rezistența sa, în schimb, efortul unitar maxim de rupere la compresiune este mai mare în cazul elementelor solicitate la încovoiere sau compresiune cu excentricitate mare. Încercările efectuate au condus la stabilirea relației:

$$R_{a,l;i}^n = 1{,}25 R_z^n = R_i^n, \quad (8.55)$$

unde R_i^n este rezistența de rupere la încovoiere sau la compresiune excentrică cu excentricitate mare a zidăriei cu armare longitudinală.

În zidăria cu armare longitudinală, armătura preia direct eforturile de întindere și compresiune. Ca procente de armare se folosesc:

— pentru zona comprimată: $2\% \geqslant \mu_2 \geqslant 0{,}1\%$;

— pentru zona întinsă: $\mu_2 \geqslant 0{,}05\%$.

Rezistența de rupere a zidăriei cu armare longitudinală solicitată la compresiune centrică se calculează, de obicei, cu formulele:

— *pentru armătura așezată la interior:*

$$R_{a,l}^n = R_z^n + \frac{R_a^n \mu_2}{100} = R_z^n + 25\mu_2 \quad (8.56)$$

— *pentru armătura așezată la exterior:*

$$R_{a,l}^n = R_z^n + 17{,}5\mu_2 \quad (8.57)$$

unde μ_2 este procentul armăturii longitudinale, $\mu_2 = \frac{A_a}{A}\,100$, iar R_z^n—rezistența de rupere la compresiune centrică a zidăriei nearmate, în daN/cm².

Caracteristicile elastice ale zidăriei, α, sînt aceleași ca cele pentru zidăria nearmată.

Modulii de elasticitate folosiți în calcule sînt:

— *pentru calculul zidăriei la starea limită ultimă:*

$$E = 0{,}5\alpha R_{a,l}^n, \quad [\text{daN/cm}^2]; \quad (8.58)$$

— *pentru calculul deformațiilor:*

$$E = 0{,}8\alpha R_{a,l}^n, \quad [\text{daN/cm}^2]. \quad (8.59)$$

Armarea longitudinală este folosită pentru mărirea capacității portante și a stabilității stîlpilor de zidărie. Zidăria cu armare longitudinală este recomandată cînd:

— încărcarea se aplică excentric, cu o excentricitate mai mare ca 0,15 h;

— gradul de subțirime al elementului este mai mare de 15;

— elementele de zidărie (stîlpi, ziduri) sînt supuse la vibrații;

— construcțiile de zidărie sînt executate în regiuni seismice.

8.3.2.3. **Calculul la fisurare.** Calculul la apariția și deschiderea fisurilor se face:

— la elementele de zidărie cu armare transversală, în cazul solicitării de compresiune cu excentricitate mică, prin aplicarea încărcării în treimea mijlocie, la fel ca și pentru zidăria nearmată;

— la elementele de zidărie cu armare longitudinală, solicitate la compresiune excentrică, încovoiere sau întindere; cînd lucrează în mediu agresiv pentru armătură sau trebuie să fie impermeabile, cum este cazul rezervoarelor; cînd tencuielile și placajele trebuie să fie etanșe etc.

De obicei, calculul se face la încărcări normate și pentru întreaga secțiune, considerînd o distribuție liniară a tensiunilor pentru secțiunea considerată echivalentă ca un singur material, de exemplu oțelul, cu ajutorul coeficientului de echivalență, $n = E_z/E_o$.

8.3.2.4. **Calculul secțiunilor de zidărie întărită cu stîlpișori de beton armat (zidărie complexă.)** În acest caz interesează calculul elementelor de zidărie

solicitate la compresiune cu excentricitate mică şi mare, deoarece, ca şi în cazul celorlalte elemente de zidărie comprimate centric, se ţine seama de excentricitatea adiţională. Comportarea mecanică a elementelor de zidărie complexă este apropiată de a celor din beton armat.

Calculul elementelor de zidărie complexă solicitate la *compresiune excentrică cu excentricitate mică* ($S_c \geqslant 0{,}8\ S_o$) se face cu relaţia:

$$N \leqslant \varphi_{cc} \frac{(0{,}85 R S_z + R_b S_b + \Gamma_a S_a)}{e} \quad [\text{daN}]. \tag{8.60}$$

Dacă forţa N se aplică între centrele de greutate ale armăturilor A_a şi A'_a, trebuie satisfăcută şi condiţia:

$$N \leqslant \frac{\varphi_{cc}(0{,}85 S'_z R + R_b S'_b + F_a S'_a)}{e'} \quad [\text{daN}], \tag{8.61}$$

în care:

φ_{cc} este coeficientul de flambaj al elementului de zidărie complexă;

$S_o = S_z + \frac{R_b S_b}{R}$ — momentul static al suprafeţei secţiunii complexe în raport cu centrul de greutate al armăturii mai puţin comprimate sau întinse, A_a, în cm^3;

S_z, S_b, S_a — momentele statice ale suprafeţelor zidăriei, betonului şi armăturii în cm^3;

$S_c = S_{zc} + \frac{R_b S_{bc}}{R}$ — momentul static al suprafeţei zonei comprimate a secţiunii complexe, în raport cu centrul de greutate al armăturii A_a, în cm^3;

S_{zc} şi S_{bc} — momentele statice ale suprafeţelor zonei comprimate a secţiunii de zidărie şi de beton, în raport cu centrul de greutate al armăturii A_a, în cm^3;

S'_z, S'_b şi S'_a — momentele statice ale suprafeţelor secţiunii de zidărie, beton şi armătură A_a în raport cu centrul de greutate al armăturii A'_a, în cm^3;

e şi e' — distanţa de la punctul de aplicaţie al forţei N pînă la centrele de greutate ale armăturilor A_a şi A'_a, în cm;

R_b — rezistenţa de calcul a betonului la compresiune (rezistenţa prismatică), în daN/cm^2; se recomandă să se considere în calcul betonul de marcă maximă B150, chiar dacă în proiect seprevede o marcă superioară.

La calculul elementelor de zidărie complexă comprimată excentric cu excentricitate mică, dacă centrele de greutate ale armăturii A_a şi A'_a sînt la o distanţă mai mare de 5 cm de marginea secţiunii, momentele statice şi excentricităţile se determină faţă de marginea secţiunii.

Se admite să se considere excentricitate mică pentru secţiuni dreptunghiulare în cazul în care este satisfăcută relaţia:

$$e_o \leqslant 0{,}225\ h.$$

Coeficientul de flambaj φ_{cc} pentru secţiuni de zidărie complexă se determină în funcţie de caracteristica elastică:

$$\varphi_{cc} = \frac{E_{occ}}{R^n_{cc}}, \tag{8.62}$$

unde E_{occ} este modulul de elasticitate al elementului de zidărie complexă în daN/cm^2, iar R^n_{cc} — rezistenţa normată a secţiunii de zidărie complexă, în daN/cm^2.

Modulul de elasticitate E_{occ} se determină cu relaţia:

$$E_{occ} = \frac{E_{oz} I_z + E_b I_b}{I_z + I_b} \ [\text{daN/cm}^2], \tag{8.63}$$

unde: E_{oz} şi E_b este modulul de elasticitate iniţial al zidăriei ($E_{oz} = \alpha R^n_z$) şi respectiv modulul de elasticitate al betonului la compresiune, în daN/cm^2;

I_z şi I_b — momentele de inerţie ale zidăriei şi betonului luate în raport cu centrul de greutate geometric al secţiunii.

Rezistenţa normată a secţiunii de zidărie complexă se determină cu relaţia:

$$R^n_{cc} = \frac{R^n A_z + R^n_b A_b}{A_z + A_b} \ [\text{daN/cm}^2], \tag{8.64}$$

unde: R^n_z este rezistenţa normată la compresiune a zidăriei, în daN/cm^2;

R^n_b — rezistenţa normată la compresiune (rezistenţa prismatică) a betonului, în daN/cm^2;

A_z — aria secţiunii zidăriei, în cm^2;

A_b — aria secţiunii betonului, în cm^2.

Calculul elementelor de zidărie complexă solicitate la *compresiune excentrică cu excentricitate mare* ($S_c < 0{,}8\ S_o$) se face cu relaţia:

$$N \leqslant \varphi_{cc}(1{,}05 R_z A_{zc} + 1{,}25 R_b A_{bc} + R_a A'_a - R_a A_a). \tag{8.65}$$

Poziţia axei neutre se determină din ecuaţia:

$$1{,}05 S_{zcN} R_z + 1{,}25 R_b S_{bcN} \pm R_a A'_a e' - R_a A_a e = 0$$

în care: S_{zcN}; S_{bcN} reprezintă momentul static al zonei comprimate de zidărie respectiv de beton, în raport cu punctul de aplicaţie al forţei N.

Semnul (+) se consideră în cazul în care forţa N se aplică în afara centrelor de greutate ale armăturilor A_a şi A'_a, iar semnul (—) în cazul în care forţa N se aplică între centrele de greutate ale armăturilor A_a şi A'_a.

8.4. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA ACŢIUNI ACCIDENTALE ŞI VARIAŢII DIMENSIONALE

8.4.1. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA ACŢIUNEA EXPLOZIEI DE GAZ

În capitolul 3 s-a arătat că pereţii portanţi după orice direcţie ai clădirilor cu mai mult de cinci niveluri, a căror scoatere din funcţiune nu este admisă sub acţiunea unei explozii de gaz, trebuie să reziste la o presiune de 0,0345 N/mm^2 (5 1b/m^2), cu un coeficient de încărcare puţin mai mare decît 1 ($n = 1{,}05$).

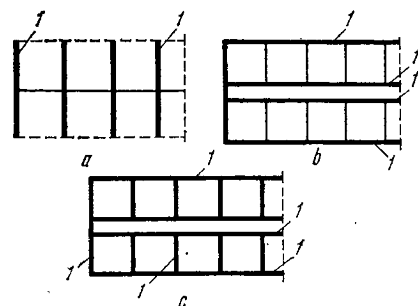


Fig. 8.11. Scheme de structuri cu pereți portanți:

a – transversali; *b* – longitudinali; *c* – dispuși după cele două direcții, longitudinală și transversală; *1* – perete portant.

Proiectarea pereților portanți din zidării obișnuite realizate cu cărămizi normale trebuie să urmărească în prezent, în orice caz, posibilitatea localizării, în anumite limite, a degradărilor din acțiunea exploziei de gaz. În acest scop, se pot folosi mai multe procedee de localizare a oricărei degradări accidentale reducîndu-se astfel riscul unei prăbușiri progresive.

În primul rînd, se recomandă a se alege o schemă structurală cu rezistență și stabilitate suficientă pentru a prelua efectele exploziei, cum este, de exemplu, schema structurală cu comportare spațială, în care pereții portanți sînt dirijați după cele două direcții principale (fig. 8.11, *c*), iar planșeele sînt monolitizate între ele și cu restul structurii (pereți transversali și longitudinali, scări etc.). Pentru tipul de structură din figura 8.11, *c*, degradările accidentale într-o porțiune a pereților portanți se pot localiza prin efectul de arc al peretelui de deasupra cu deschidere peste zona degradată (fig. 8.12, *a*), prin placa planșeului lucrînd cu deschidere peste zona degradată de dedesubt a peretelui (fig. 8.12, *b*) sau prin efectul de consolă a peretelui de dedesubt, conlucrînd cu placa planșeului (fig. 8.12, *c*) [65].

Dimpotrivă, o structură cu pereți portanți transversali, fără perete longitudinal, cu contravîntuire longitudinală asigurată numai prin casa scării amplasată la capătul clădirii și cu planșee din elemente prefabricate simplu rezemate, nesolidarizate, reprezintă o structură sensibilă la prăbușire progresivă (fig. 8.13) [65]. Într-adevăr, degradarea unei porțiuni critice de perete prin acțiuni accidentale, mai ales a peretelui de fronton, care este cel mai sensibil element portant al structurii, poate conduce la prăbușire progresivă. Sporirea stabilității acestui tip de structură se poate realiza prin prevederea unui perete longitudinal de contravîntuire, care asigură un reazem suplimentar pentru plăcile de planșeu. În plus, deschiderile de capăt ale planșeelor se pot proiecta ca lucrînd în consolă și conlucrind cu pereții. De asemenea, pereții de fronton se consolidează cu stîlpișori de beton armat pentru a rezista la acțiunea exploziei de gaz apreciată, în normele engleze, la 0,0345 N/mm² (5 lb/cm²).

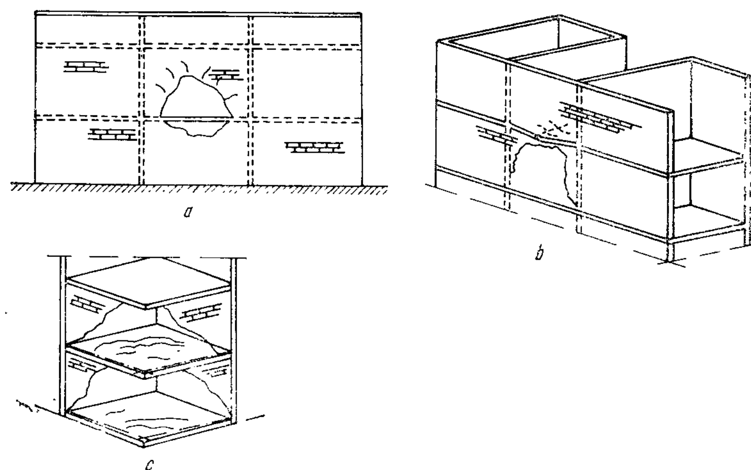


Fig. 8.12. Degradări localizate din acțiuni accidentale:

a – efect de arc în zidărie; *b* – planșeu cu deschidere peste zona degradată a peretelui; *c* – efect de consolă a pereților și planșeului.

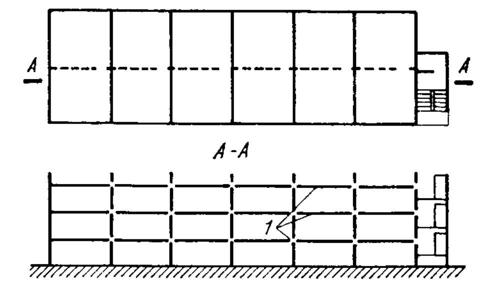


Fig. 8.13. Structură de zidărie portantă, cu ziduri transversale, sensibilă la prăbușire progresivă:

1 – planșeu din elemente prefabricate.

Cînd se folosește precomprimarea pereților, este suficientă o valoare relativ mică a precomprimării pentru ca pereții să poată rezista la acțiunea laterală de 5 lb/cm² (34,5kN/m²).

8.4.2. PROIECTAREA ZIDĂRIILOR LA VARIAȚII DIMENSIONALE ȘI MIȘCĂRI DIFERENȚIATE

Cînd pereții portanți ai unei clădiri sînt alcătuiți din materiale diferite, avînd moduli de elasticitate cu diverse valori și sînt încărcați diferit, rezultă variații dimensionale diferențiate. Pereții exteriori din figura 8.14 se consideră încărcați cu 7 daN/cm², iar cel longitudinal interior cu 14 daN/cm², avînd moduli de elasticitate diferiți, 210 000 daN/cm² pereții exteriori și 35 000 daN/cm² peretele central. Variațiile dimensionale ale pereților sînt:

$$\varepsilon_i = \frac{14}{35\,000} = 0,4 \times 10^{-3}; \quad \varepsilon_e = \frac{7}{210\,000} = 0,33 \times 10^{-4}.$$

Rezultă o deformație diferențiată însumată la vîrful clădirii cu 10 niveluri de 3,30 m înălțime fiecare nivel: $(0,4 \times 10^{-3} - 0,33 \times 10^{-4}) \times 10 \times 3\,300 \simeq 11$ mm, dacă deformația este liberă și nu este împiedicată.

În mod normal, pereții transversali despărțitori împiedică într-o oarecare măsură deformația diferențiată și dacă sînt suficient de rigizi, ei vor fisura ca în figura 8.14. Cînd pereții exteriori sînt supuși la variații de temperatură, trebuie să se țină seamă de însumarea deformațiilor din temperatură și din încărcări.

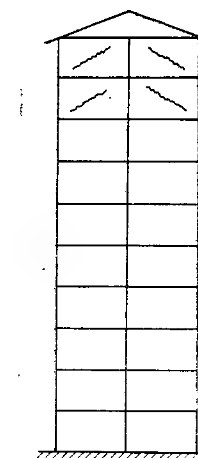


Fig. 8.14. Schema unei secțiuni transversale a unei clădiri la care peretele longitudinal este mai solicitat la compresiune decît pereții transversali astfel că apar fisuri în pereții transversali din mișcări diferențiate.

Dilatarea termică a zidăriilor se calculează, de obicei, pe baza temperaturii medii a peretelui (considerată în centrul pereților din zidărie plină și pe stratul exterior al pereților cu goluri) din mai multe straturi, la care se pot dezvolta mișcări diferențiate din temperatura diferită a straturilor, exterior și interior. Însorirea puternică a zidăriilor cu orientare favorabilă spre sud-vest în timp de vară dezvoltă în

cazul pereţilor din mai multe straturi, mişcări diferenţiate importante, din diferenţele de temperatură datorită structurii peretelui, care provoacă încovoierea lor suplimentară pe lîngă dilatarea longitudinală [46].

Variaţiile dimensionale din temperatură ale materialelor de natură minerală utilizate la zidării (produse ceramice, betoane, pietre naturale, ipsos etc.) pot căpăta, în condiţii obişnuite de exploatare, valori de acelaşi ordin de mărime cu cele din umiditate, de care dealtfel cu greu se pot separa. Ele pot avea consecinţe deosebite asupra elementelor sub formă de plăci sau panouri, cu două dimensiuni mari, iar a treia dimensiune, grosimea, mult mai mică. Zidăriile sînt materiale minerale compuse, la care se dezvoltă procese fizico-chimice, al căror rezultat comportă numeroase necunoscute. Anumiţi factori ai variaţiilor dimensionale intervin odată cu executarea zidăriei şi pot acţiona asupra sa încă de la vîrstă tînără prin procese fizico-chimice legate de punerea în operă (execuţia) şi de mediul înconjurător.

Partea a patra

ELEMENTELE COMPONENTE ALE CONSTRUCŢIILOR CIVILE

Capitolul 9

FUNDAŢII ŞI SUBSOLURI

În alcătuirea clădirilor se disting : o parte superioară formată din parter, etaje şi acoperiş, denumită *suprastructură* şi o parte inferioară compusă din fundaţii, subsol construit, canale pentru reţele tehnico-sanitare, hidroizolaţii şi alte lucrări de protecţie denumită *infrastructură*. Ambele conlucrează cu terenul de fundaţie, clădirea şi pămîntul influenţîndu-se reciproc în cadrul unor interacţiuni complexe de care se ţine seama în vederea adoptării unor soluţii corespunzătoare pentru structura de rezistenţă a clădirii şi pentru fundaţii. Acest lucru a devenit posibil ca urmare a dezvoltării metodelor moderne de calcul şi de încercare a construcţiilor.

9.1. PĂRŢI COMPONENTE ALE INFRASTRUCTURII

9.1.1. FUNDAŢII

9.1.1.1. **Funcţiunile fundaţiilor.** Infrastructura cuprinde în mod necesar fundaţiile care constituie partea principală a structurii de rezistenţă a clădirii prin intermediul căreia se realizează încastrarea construcţiei în terenul de fundaţie şi transmiterea eforturilor rezultate din ansamblul acţiunilor exterioare la pămînt. Întrucît pămîntul de fundaţie are caracteristici mecanice inferioare celor ale materialelor de construcţie utilizate la realizarea fundaţiilor, forma lor este, în general, evazată. Funcţiunile fundaţiilor sugerează o analogie cu rădăcinile arborilor (fig. 9.1.).

Constituind baza construcţiei, fundaţiile prezintă o importanţă deosebită pentru siguranţa în exploatare ; totodată soluţiile adoptate trebuie să fie corelate cu cele stabilite pentru restul elementelor de construcţie. Astfel, prin proiectarea

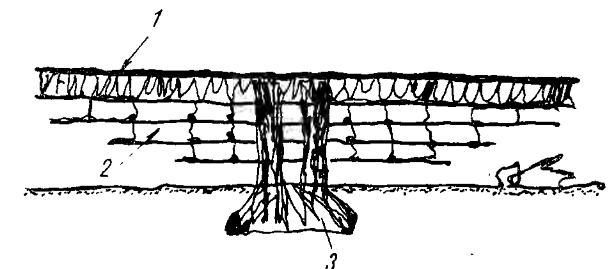


Fig. 9.1. Analogia dintre fundaţii şi rădăcinile arborilor (muzeul pămîntului din oraşul Brazilia, proiectat de arh. O. Niemeyer) :
1 – element portant orizontal ; 2 – etaje suspendate ; 3 – fundaţie.

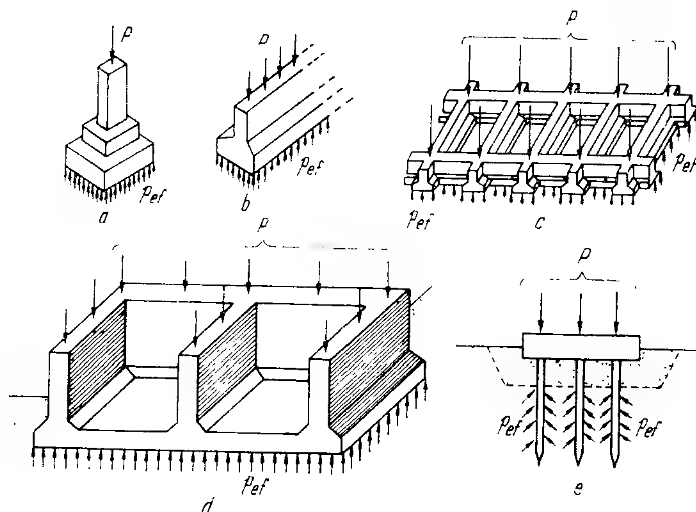


Fig. 9.2. Tipuri de fundații: *a* – fundație izolată; *b* – fundație continuă; *c* – rețele de grinzi; *d* – fundație radier; *e* – fundație talpă rezemată pe piloți.

de rezistență se urmărește ca în terenul de fundație, în fundații și în restul structurii clădirii să nu se atingă starea limită a capacității portante și nici starea limită de deformare.

9.1.1.2. **Tipuri de fundații.** După modul cum se realizează condiția ca eforturile unitare în teren să nu depășească valorile admisibile, fundațiile pot fi *directe* cînd se recurge exclusiv la o suprafață mărită de rezemare pe teren situată la adîncime mică (talpă, radier, fundație izolată) sau *indirecte* (piloți), la care se creează și o suprafață laterală mare de transmisie a încărcării asupra pămîntului (fig. 9.2.). Normativul *P* 10–75 privind proiectarea și executarea lucrărilor de fundații prezintă următoarele tipuri de fundații directe pentru clădiri: izolate, continue, din rețele de grinzi și radiere. În raport cu eforturile la care sînt solicitate fundațiile cu tălpi, acestea pot fi executate din beton simplu (fundații rigide lucrînd la compresiune) sau din beton armat (fundații elastice lucrînd la încovoiere). Fundațiile din zidării de piatră sau de cărămidă se folosesc mai rar și numai la clădiri de importanță redusă.

9.1.1.3. **Condiții specifice lucrărilor de fundații.** Costul lucrărilor de fundații, care se realizează la o anumită adîncime în teren, adesea în condiții dificile și cu un grad de industrializare redus este relativ ridicat și din această cauză fundațiile intervin cu o pondere importantă în prețul de cost al clădirilor. Ținînd seamă de valorile investite cît și de faptul că sînt greu accesibile pentru control și reparații, fundațiile clădirilor trebuie să prezinte o durabilitate mare, superioară sau cel puțin egală cu aceea a restului structurii de rezistență.

9.1.2. SUBSOLUL CONSTRUIT

9.1.2.1. **Funcțiunile subsolului.** Infrastructura poate cuprinde spații utile care formează subsolul construit. În raport cu cerințele funcționale ale clădirii respective și ale zonei locuite, subsolul construit este destinat anexelor gospodărești, punctelor termice, unor spații comerciale sau social-culturale, garajelor, instalațiilor tehnico-sanitare, depozitelor etc. În acest fel se valorifică volumul situat între pardoseala parterului și fundații care uneori sînt dispuse la adîncime relativ mare.

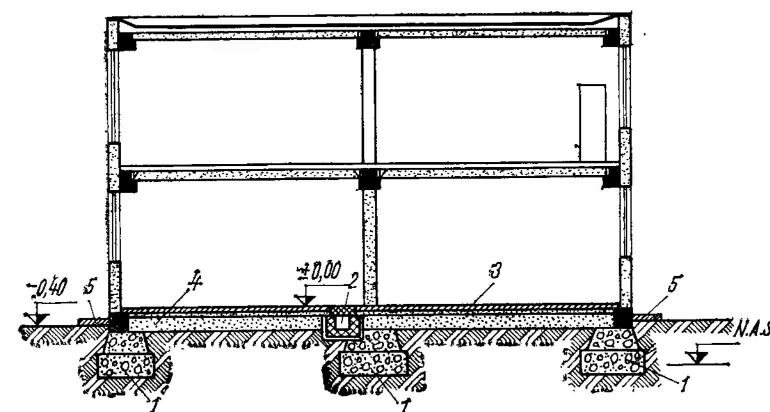


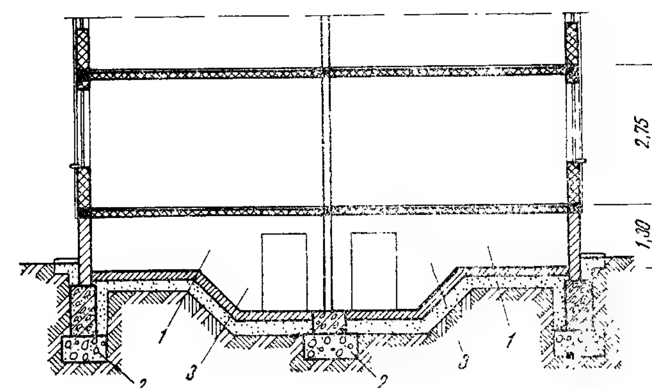
Fig. 9.3. Clădire fără subsol, amplasată pe teren cu nivel ridical al pînzei freatice:
1 – fundații izolate; *2* – canal controlabil pentru conducte tehnico-sanitare; *3* – pardoseală; *4* – umplutură de pămînt; *5* – trotuar.

Unele clădiri se proiectează fără subsol construit (fig. 9.3) deoarece acesta nu se justifică economic, de exemplu: construcțiile rurale cu pardoseala dispusă direct pe pămînt, atelierele și depozitele cu încărcări dinamice mari la primul nivel, clădirile amplasate pe terenuri cu nivel ridicat al pînzei freatice pentru care ar fi necesare hidroizolații costisitoare etc.

9.1.2.2. **Tipuri de subsoluri.** Atunci cînd realizarea unui subsol construit utilizabil nu se justifică dar există rețele tehnico-sanitare care trebuie amplasate în spații vizitabile, se recurge la executarea unui *subsol tehnic* cu înălțime redusă (fig. 9.4.). Pentru acces, acesta comunică cu casa scărilor și se poate prevedea cu un culoar de înălțime normală. În clădiri cu alte destinații decît locuințe, fără subsol construit, conductele pot fi dispuse în *canale* acoperite cu plăci prefabricate demontabile din beton sau din tablă (v. fig. 9.3). Este posibilă și construirea unor *subsoluri parțiale* care ocupă numai o parte din suprafața imobilului respectiv (fig. 9.5).

Pentru iluminarea și ventilarea directă a încăperilor subsolului, se obișnuiește ca acesta să fie îngropat numai pe o parte din înălțime, iar planșeul de sub

Fig. 9.4. Clădire cu structură din panouri mari pe fundații continue rigide și cu subsol tehnic:
1 – subsol tehnic; *2* – fundație; *3* – culoar de acces.



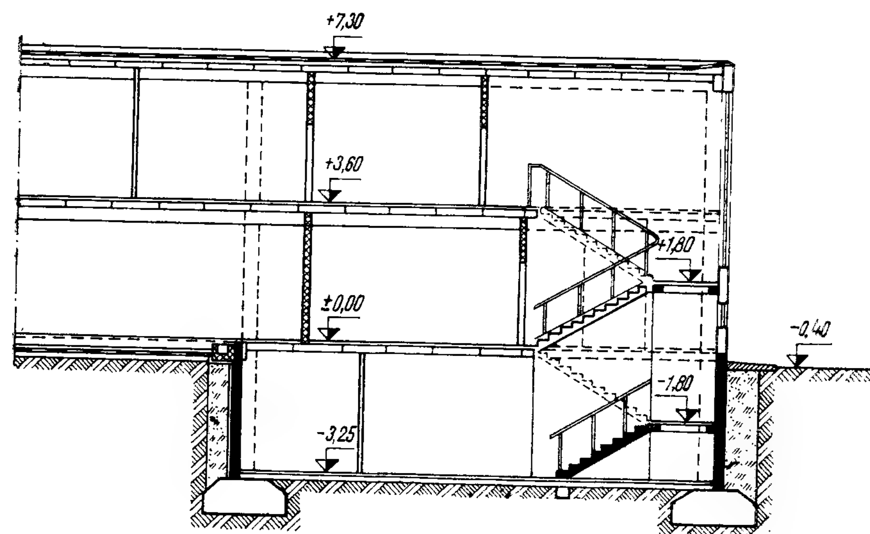


Fig. 9.5. Clădire cu subsol parțial.

pardoseala parterului se dispune astfel ca soclul clădirii să poată include și ferestre; spațiul realizat în acest fel se numește *demisol* (fig. 9.6).

Necesitatea de a limita întinderea orașelor în condițiile sporirii neîncetate a populației urbane, conduce la creșterea înălțimii construcțiilor și la realizarea de *subsoluri etajate*. În țările industrializate, subsolurile etajate sînt extinse și sub străzi, constituind adevărate orașe subterane, cu spații comerciale, servicii pentru populație, parkinguri, stații de metrou etc. (fig. 9.7.). Aceasta permite ca la suprafață să fie păstrate monumente istorice și alte clădiri de valoare. La noi în țară, o asemenea soluție a fost utilizată la București, în zona hotelului Intercontinental. Dezvoltarea clădirilor în adîncime este și o consecință a creșterii înălțimii suprastructurii: sporind încărcările ce trebuie preluate de către teren, se coboară și nivelul de fundare, asigurîndu-se și încastrarea necesară pentru satisfacerea cerințelor de protecție antiseismică.

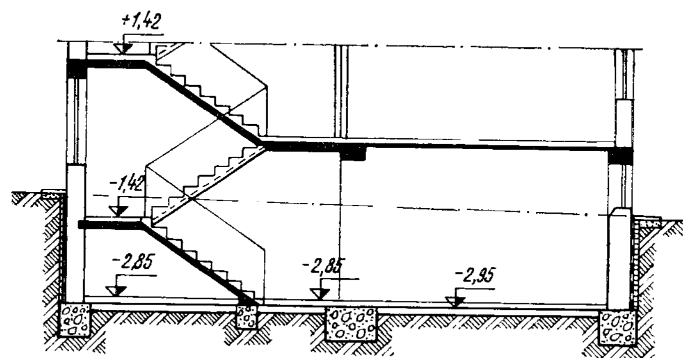
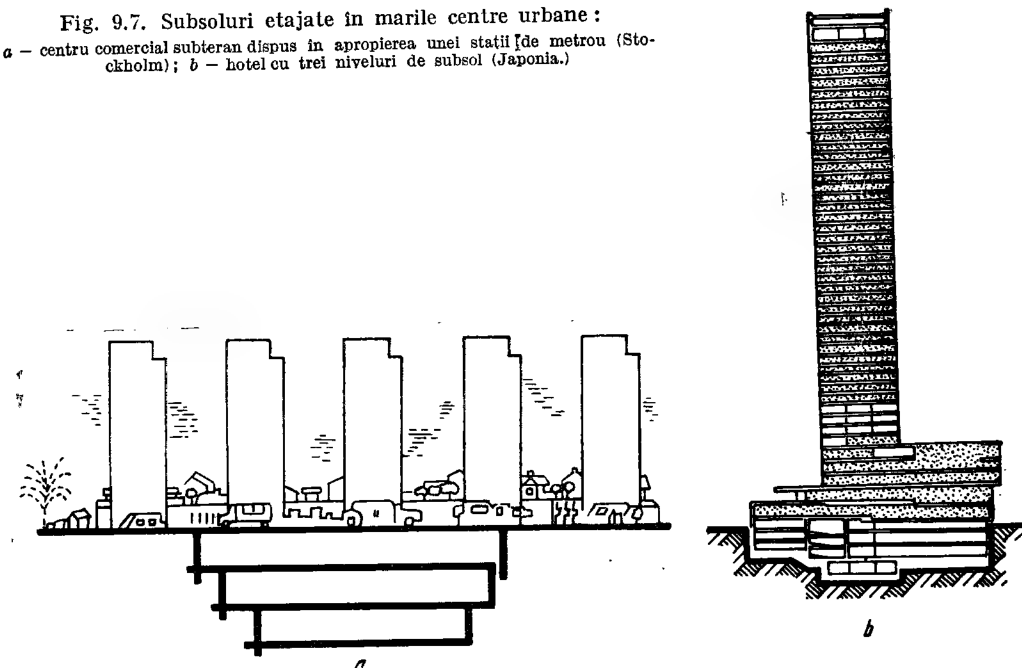


Fig. 9.6. Clădire cu demisol pe teren cu pantă mică (iluminarea și ventilarea sînt asigurate prin ferestre).

Fig. 9.7. Subsoluri etajate în marile centre urbane:
a – centru comercial subteran dispus în apropierea unei stații de metrou (Stockholm); *b* – hotel cu trei niveluri de subsol (Japonia.)



9.1.3. LUCRĂRI DE PROTECȚIE A INFRASTRUCTURII

Infrastructura este expusă infiltrării apelor subterane și de suprafață și uneori acțiunii corozive a acestora. Pentru protecție, se iau măsuri de colectare și îndepărtare a apelor, se utilizează la realizarea infrastructurii betoane compacte cu caracteristici adecvate, se execută *hidroizolații*, *socluri*, *trotuare*, *drenuri* etc.

Infrastructura se află, de asemenea, în interacțiune termică cu terenul de fundație. Pentru asigurarea regimului optim de exploatare a subsolului construit și uneori pentru a proteja pămîntul de fundație se pot executa lucrări de *izolații termice subterane* dispuse pe conturul construcției.

9.1.4. CANALE TEHNICE

Funcționarea instalațiilor complexe cu care sînt dotate clădirile moderne implică existența unor vaste rețele de alimentare cu apă, energie termică și energie electrică, de canalizare etc., care cuprind conducte ce leagă între ele diversele construcții ale unei zone urbane. Aceste rețele pot fi îngropate direct în pămînt sau amplasate în *canale tehnice* speciale, accesibile pentru control și reparații. O soluție modernă este realizarea de *galerii* sau *tuneluri tehnice* pentru instalații în care se dispun grupat toate conductele rețelei tehnico-edilitare.

9.2. FACTORII DETERMINANȚI PENTRU ALEGEREA TIPULUI DE INFRASTRUCTURĂ

9.2.1. CONDIȚII GENERALE

La întocmirea proiectului infrastructurii este necesar să se țină seama de o serie de factori dintre care cei mai importanți sînt:

— cerințele funcționale ale clădirii referitoare la spațiile utile din subsolul construit și de la parter;

— studiul de sistematizare aprobat pentru zona de amplasare a construcției;

— gradul de importanță al clădirii potrivit STAS 9 165-72;

— particularitățile impuse de amplasament referitoare la declivități, adîncimea minimă de îngheț conform STAS 6 054-64, seismicitatea regiunii conform STAS 2 293-74 și normativ *P* 13—75;

— caracteristicile straturilor de pămînt din jurul clădirii și de sub fundație (natură, grosimi și proprietăți fizico-mecanice), determinate pe baza studiului geotehnic;

— schema generală a încărcărilor la nivelul infrastructurii, determinată de distribuția și tipul elementelor portante, înălțimea construcției, încărcările exterioare care acționează asupra construcției etc.;

— tasările neuniforme rezultate din conlucrarea structurii cu fundația și terenul;

— caracteristicile hidrogeologice ale terenului (ape de suprafață și subterane, variația sezonieră a nivelului hidrostatic, permeabilitatea straturilor de teren) precum și agresivitatea apelor subterane și a celor din clădire;

— regimul termic determinat de condițiile climatice ale zonei de amplasare și de condițiile de exploatare a clădirii.

În cele ce urmează se prezintă cîteva aspecte referitoare la factorii menționați, restul fiind analizate în cadrul disciplinelor de geotehnică și fundații, beton armat, mecanica construcțiilor, inginerie antiseismică și în alte capitole ale acestui curs.

9.2.2. RELIEFUL TERENULUI

Menținerea suprafețelor cultivabile în circuitul agricol este o necesitate evidentă pentru economia diverselor țări; din această cauză se recurge din ce în ce mai mult la amplasări de construcții pe terenuri accidentate (soluția se folosește curent în Japonia, Italia, R. S. F. Jugoslavia și R. P. Bulgaria). În țara noastră astfel de soluții au fost adoptate mai ales în zona de litoral, la complexele hoteliere Olimp și Aurora. Aspectul arhitectonic obținut este favorabil, datorită efectului de amfiteatru, dar apar o serie de probleme dificile la proiectarea infrastructurii, astfel:

— pentru a ajunge la cota de fundare, clădirile situate pe suprafețe în pantă necesită fundații cu adîncimi diferite. În cazul fundațiilor continue se prevăd trepte cu înălțimea sub 50 cm și cu o pantă maximă egală cu 2/3. Cota superioară a tălpii de fundație, pe care se dispune peretele subsolului, trebuie să fie orizontală (fig. 9.8.);

— pentru a evita alunecările de teren, la amplasarea pe terenuri în pantă este necesar să se verifice stabilitatea versantului ținînd seama de straturile existente, regimul hidrologic, schimbările provocate prin lucrările de sistemati-

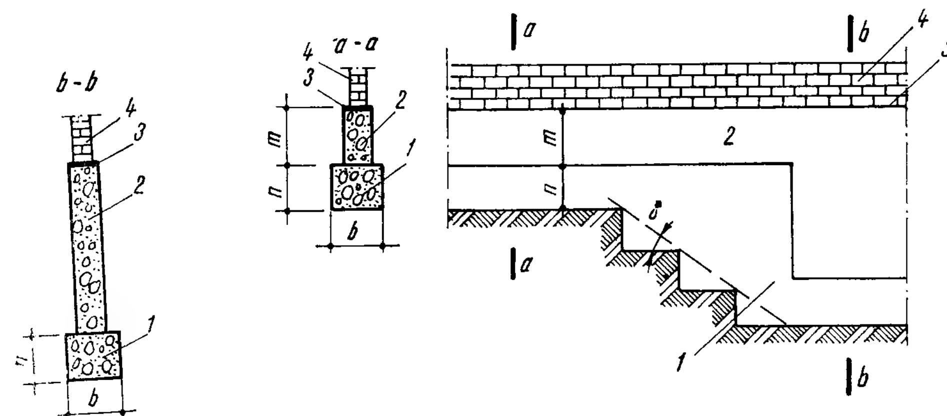


Fig. 9.8. Fundație pe teren în pantă:
1 — talpă continuă; *2* — soclu (beton în elevație); *3* — hidroizolație; *4* — perete; δ-pantă.

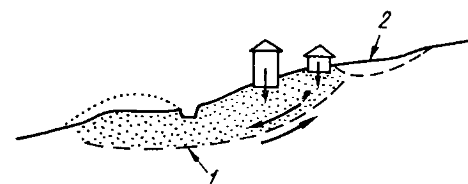


Fig. 9.9. Lunecarea terenului pe strat de argilă sub influența infiltrațiilor de apă și a încărcărilor transmise de fundațiile clădirilor:
— suprafață de lunecare; *2* — zonă de infiltrații de apă

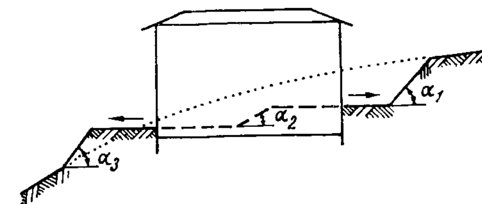


Fig. 9.10. Amenajarea terenului în jurul clădirii.

zare pe verticală și de drumuri, supraîncărcarea creată de clădirile noi și alte cauze care ar putea modifica echilibrul masivului de pămînt (fig. 9.9). În cazul cînd se execută reprofilări, săpăturile și rambleele trebuie să respecte pantele admisibile stabilite în raport cu natura pămîntului (fig. 9.10); taluzurile trebuie protejate cu plantații, dale de beton etc., iar declivitățile trebuie să permită scurgerea apelor meteorice la distanță față de construcție, către drenuri, șanțuri sau lucrări de canalizare;

— la clădirile amplasate pe terenuri în pantă, subsolul construit este situat numai cu o parte în pămînt, restul rămînînd deasupra terenului, unde se transformă în parter, destinația încăperilor stabilindu-se în consecință. Pentru preluarea împingerii pămîntului care acționează numai pe o parte a perimetrului clădirii, se prevăd ziduri de sprijin sau se dimensionează corespunzător peretele situat spre pămînt. Eforturile preluate de acest perete sînt transmise direct fundației și indirect celorlalte elemente verticale de susținere, prin intermediul planșeului.

9.2.3. CARACTERISTICILE FIZICO-CHIMICE ALE PĂMÎNTULUI

Straturile pe care se fundează s-au format, în general, prin procese naturale de sedimentare fiind constituite din amestecuri de particule solide, apă și aer. Mărimea, starea, distribuția și proporția elementelor componente este variabilă,

determinînd proprietățile ansamblului care poate fi considerat ca un mediu foarte vîscos, intermediar între starea solidă și cea lichidă. În general, caracteristicile pămîntului de fundație diferă mult de cele ale infrastructurii care este realizată numai din materiale solide rigide. Proprietățile pămîntului de fundație pot fi considerate în cadrul a trei grupe :

— grupa întîi se referă la caracteristicile petrografice prin care se identifică și se clasifică rocile. Aceste caracteristici nu depind de starea pămîntului, fiind determinate numai de mărimea, forma și compoziția mineralogică a granulelor, astfel că pot fi studiate fără a necesita probe intacte ;

— grupa a doua caracterizează terenul sub aspectul grosimii straturilor, conținutului de apă etc. ;

— grupa a treia se referă la modul în care reacționează pămîntul de fundație la acțiuni exterioare variabile provenind din încărcări, migrația apei etc.

Pentru a analiza starea de eforturi și deformațiile pămîntului, trebuie cunoscute caracteristicile mecanice și cele de deformabilitate, inclusiv comportarea la variații de temperatură și umiditate. Pentru protecția împotriva infiltrațiilor de apă interesează caracteristicile hidrologice : permeabilitatea la apă, înălțimea de ascensiune capilară, gradul de saturare cu apă și agresivitatea acesteia. Pentru protecția termică prezintă interes conductivitatea termică, densitatea, căldura specifică și variația acestor caracteristici cu umiditatea.

9.2.4. CARACTERISTICI HIDROLOGICE ALE PĂMÎNTULUI DE FUNDAȚIE

Studiul caracteristicilor hidrologice necesită cunoașterea condițiilor în care se găsește și se deplasează apa în pămîntul de fundație și prezintă o mare însemnătate pentru proiectarea infrastructurii construcțiilor [101]. Umiditatea pămîntului este un factor hotărîtor de care depind :

— variația proprietăților mecanice (rezistențe la eforturi, curgere lentă, coeziune etc.) ;

— deformabilitatea sub încărcări, umflarea și contracția ;

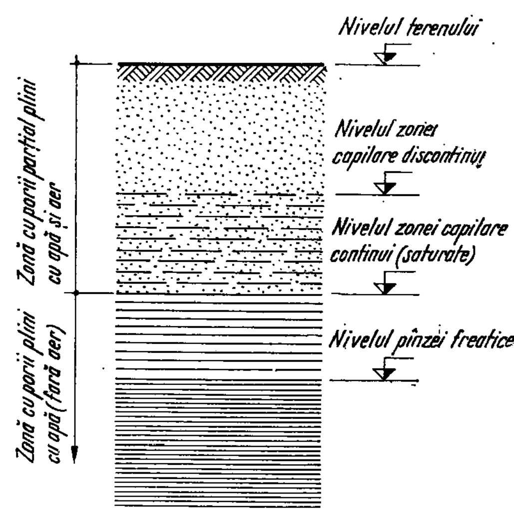


Fig. 9.11. Zone de saturare cu apă în terenul de fundație.

— comportarea la acțiuni dinamice, transmisia vibrațiilor, apariția fenomenelor de lichefiere bruscă a argilelor nisipoase și de alunecare a argilelor ;

— proprietățile termofizice și electrice.

În general, umiditatea influențează atît rocile ce constituie pămîntul de fundație, cît și materialele de construcție poroase.

9.2.4.1. Gradul de saturare cu apă. Din acest punct de vedere, în stratificația pămîntului de fundare se disting (fig. 9.11) :

— *zona cu porii și capilarele pline cu apă*, care cuprinde pămîntul situat în pînza freatică și pe înălțimea în care ascensiunea capilară este foarte puternică :

— *zona cu porii și capilarele parțial pline cu apă*, în care apa umple numai porii și capilarele mai înguste, cele mai mari conținînd pe lîngă apă în fază lichidă, aer și vapori de apă (pămînt nesaturat) ;

— *zona aparent uscată*, situată spre suprafață unde aportul capilar de apă este echilibrat prin evaporare, iar apa reținută la suprafața granulelor solide este în cantități foarte mici (apa de higroscopicitate).

9.2.4.2. Sursele de umezire. Apa din pămîntul de fundație provine din diverse surse :

— *din pînza de apă freatică*, existentă sub formă de aglomerări importante și durabile de apă, reținute de către un strat inferior impermeabil. Fiind alimentată din precipitații (ploi, zăpezi) și de surse accidentale, pînza freatică are nivel variabil ; pentru proiectarea construcțiilor se consideră nivelul maxim posibil. Apa din pînza freatică se scurge lent către izvoare, care în mod excepțional pot fi arteziene (fig. 9.12) ;

— *din ape meteorice*, a căror importanță depinde de amplasamentul construcției. Pe teritoriul țării noastre, precipitațiile anuale variază între 400...600 mm în podișul Transilvaniei și zonele subcarpatice și 1 000...1 400 mm în zonele de munte;

— *din apele uzate*, ca urmare a unor defecțiuni la conductele îngropate care transportă apă. Aceste ape scăpate pe suprafața terenului sau la adîncime mică pot să determine creșterea treptată a nivelului pînzei freatice, cedări de terenuri sensibile la înmuiere, acțiuni corozive asupra fundațiilor etc.

În terenul de fundație și în părțile neprotejate ale infrastructurii, apa migrează sub influența a diverși factori din care cei mai importanți sînt gravitația, presiunea hidrostatică, forțele capilare și presiunea parțială a vaporilor de apă, migrație care se face în raport direct cu permeabilitatea straturilor respective și cu viteze mult inferioare celor de curgere în conducte sau canale. Mișcările principale ale apei din pămînt au loc pe verticală (fig. 9.13).

9.2.4.3. Permeabilitatea terenului la apă. Sub aspectul permeabilității, la migrația apei se pot considera două tipuri de terenuri : cu permeabilitate mare și cu permeabilitate redusă.

9.2.4.3.1. *Pămînturi cu permeabilitate mare.* În această categorie se consideră straturile formate din roci necoezive (pietriș, nisip) caracterizate prin faptul că permit scurgerea apei sub influența gravitației, ascensiunea capilară a apei fiind imposibilă sau neînsemnată.

Soluțiile de hidroizolare în acest caz pot fi ușor stabilite în raport cu nivelul maxim al pînzei freatice : hidroizolații împotriva apelor cu presiune se prevăd

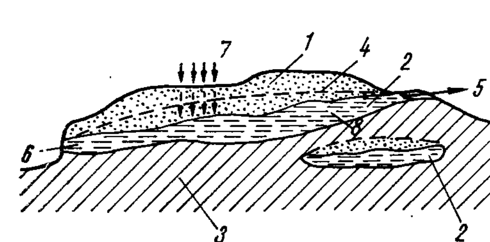


Fig. 9.12. Apa subterană :
1 – teren permeabil ; 2 – apă freatică ; 3 – teren impermeabil ; 4 – nivel maxim al apei freatice ; 5 – punct de deversare ; 6 – izvor ; 7 – precipitații ; 8 – zone de infiltrație.

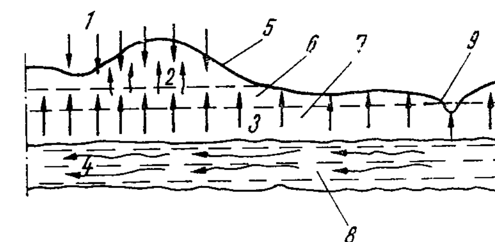


Fig. 9.13. Migrația apei în pămînt :
1 – infiltrații din ape meteorice ; 2 – difuzie vapori ; 3 – ascensiune capilară ; 4 – scurgere orizontală ; 5 – suprafață uscată prin evaporare (aport capilar insuficient) ; 6 – zonă capilară discontinuă ; 7 – zonă capilară continuă ; 8 – pînză freatică ; 9 – suprafață umedă.

pe zona de acțiune a acestora și pe o înălțime de 50 cm peste nivelul maxim al pînzei freatice; în zona aparent uscată se prevăd simple protecții menite să împiedice absorbția apei de către materialele de construcție. Dacă există o zonă de ascensiune capilară, aceasta va fi separată de construcție printr-o izolație hidrofugă împotriva apelor fără presiune hidrostatică.

Experimentări recente efectuate în țările nordice [40] arată că pentru subsolurile amplasate în zone cu pămînturi foarte permeabile, situate deasupra nivelului maxim al apelor freatice, este posibil să se renunțe cu totul la hidroizolații, cu condiția ca migrația vaporilor de apă să fie orientată permanent de la clădire spre teren.

Dacă în terenul permeabil de deasupra pînzei freatice există un strat mai puțin permeabil (de pildă praf argilos) apare posibilitatea ca în urma precipitațiilor atmosferice sau a topirii zăpezii, să se formeze pungi de apă reținută temporar și construcția trebuie să fie hidroizolată împotriva apelor cu presiune hidrostatică.

9.2.4.3.2. *Pămînturi cu permeabilitate redusă.* În această categorie se includ straturile din roci dezagregate slab coezive sau coezive. Acestea împiedică scurgerea rapidă a apei și din această cauză prezintă condiții favorabile de infiltrare a apelor în construcție. Sub acest aspect se deosebesc două situații:

— *pămînturi slab coezive cu vine de nisip*, care se depistează la deschiderea gropii de fundație; în punctele unde taluzul interceptează straturile de nisip se observă uneori infiltrații de apă (fig. 9.14). Întrucît subsolul construit întrerupe căile de scurgere directă către pînza freatică, lîngă clădire se va putea forma o acumulare progresivă de apă, astfel că este necesară realizarea unei hidroizolații sigure, rezistentă la presiunea apei. Mărimea presiunii hidrostatice depinde numai de înălțimea coloanei de lichid și nu este influențată de cantitatea de apă acumulată. În general, nu se poate conta pe umpluturile impermeabile; oricît de bine ar fi executate, acestea prezintă discontinuități sau fisurează cu timpul și permit pătrunderea apei;

— *pămînturi coezive*, argiloase în care se menține pericolul acumulării apei lîngă construcție, aspectul uscat al gropii de fundație fiind înșelător (fig. 9.15). În argilă, apa migrează cu greu, astfel că aportul capilar este cu ușurință echilibrat prin evaporare la suprafața taluzului săpăturii. Însă, după executarea construcției, apa se acumulează treptat lîngă clădire și în lipsa unei hidroizolații corespunzătoare, construcția se umezește.

9.2.4.4. **Agresivitatea apelor subterane.** Pentru asigurarea durabilității lucrărilor de fundații și subsoluri este necesar să se țină seama de agresivitatea

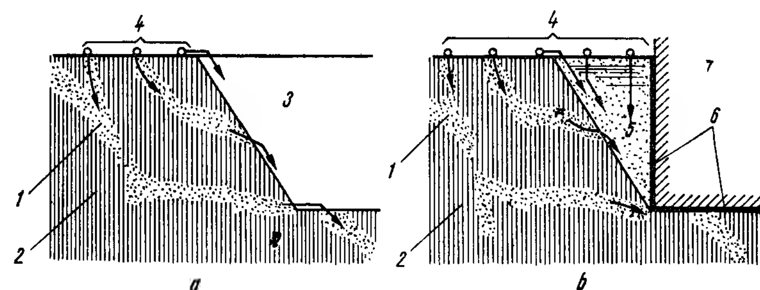


Fig. 9.14. Construcție în teren coeziv cu vine permeabile [66]:
a — situația înainte de executarea construcției; *b* — după execuția construcției; *1* — lut cu vine de nisip; *2* — pămînt slab coeziv; *3* — groapă de fundație; *4* — infiltrații din ape meteorice; *5* — acumulare de apă; *6* — hidroizolație rezistentă la presiune hidrostatică; *7* — construcție.

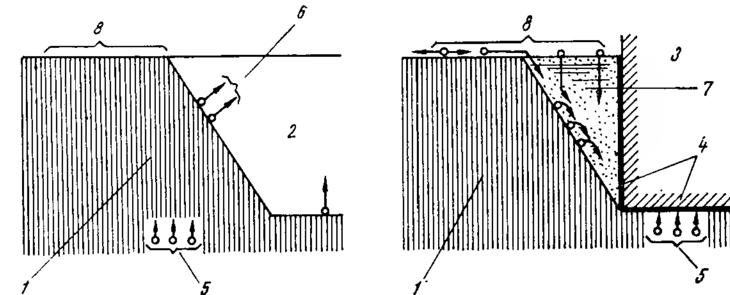


Fig. 9.15. Acțiunea apei asupra construcțiilor amplasate în terenuri impermeabile [66]:
a — groapa de fundație în timpul excavării; *b* — după realizarea subsolului construit; *1* — argilă; *2* — groapă de fundație uscată; *3* — clădire; *4* — hidroizolație rezistentă la presiunea apei; *5* — ascensiune capilară; *6* — suprafață uscată prin evaporare; *7* — acumulare progresivă de apă; *8* — infiltrații din ape meteorice.

naturală a apelor subterane și a celor uzate care scapă accidental. Coroziunea poate fi de diverse tipuri, în funcție de natura agentului agresiv.

Coroziunea de tip I este cauzată de apele cu duritate mică. După cantitatea maximă de săruri minerale conținute, apele se numesc dulci (cu conținut minim), moi sau dure (cu conținut mai ridicat). Apele dulci sînt cele mai agresive și acționează prin dizolvarea compușilor de calciu; prezența sărurilor de calciu în apă micșorează capacitatea de distrugere exercitată asupra pietrei de ciment. Dimpotrivă, sărurile care nu intră în reacție chimică directă cu piatra de ciment dar care măresc forța ionică a soluției (sulfat de sodiu, clorură de sodiu) accentuează caracterul agresiv al apei față de oxidul de calciu.

Coroziunea de tip II se datorește reacțiilor chimice de dublă descompunere între acizii și sărurile din mediul înconjurător și părțile componente ale pietrei de ciment. Compușii noi rezultați nu au proprietăți liante, nu pot împiedica pătrunderea mai departe a apei agresive în beton și sînt ușor spălați de apă. Acidul carbonic, prezent adesea în apă este deosebit de periculos. Coroziunea betonului mai poate fi cauzată și de către acizii sulfuric, clorhidric, azotic, acetic, lactic sau de sărurile de magneziu dizolvate în apă. Soluțiile alcaline cu concentrație redusă nu atacă betoanele.

Coroziunea de tipul III constă în acumularea unor săruri cristalizate în porii și capilarele betonului. Cristalele se formează ca urmare a reacțiilor chimice dintre mediul agresiv și unele elemente componente ale pietrei de ciment; treptat aceste cristale cauzează apariția unor eforturi atît de mari în beton încît pereții capilarelor și porilor se rup. Procesul este de durată, astfel că o comportare inițială bună poate fi înșelătoare. Acest tip de coroziune este provocat de apele cu sulfați, de pildă cele provenite din canalizări sau de acțiunea bacteriilor care se dezvoltă în terenurile mlăștinoase.

Coroziunea betoanelor armate este însoțită de ruginirea barelor de oțel. Dacă apa poate pătrunde prin betonul permeabil sau fisurat și dacă alcalinitatea acesteia este redusă, armăturile se pot coroda și fără distrugerea concomitentă a betonului. Rugina care apare ca urmare a procesului electro-chimic crește treptat în volum, provoacă desprinderea stratului protector și dezvelind armătura accelerează procesul de distrugere. O altă cauză de distrugere a betoanelor armate o constituie curenții vagabonzi, care apar atunci cînd există scurgeri de curent electric în terenul de fundație din cauza defecțiunilor unor instalații sau datorită slăbirii izolațiilor prin umezire. În punctele de scurgere a curentului

electric în pămînt, pe suprafaţa armăturii se formează o zonă anodică şi are loc un proces de coroziune; stratul de beton de protecţie se distruge şi el. Intensitatea acestor procese este mare deoarece presiunea care acţionează asupra betonului în urma coroziunii armăturii este de 200...300 daN/cm². Procese similare se pot manifesta şi la elemente de construcţii metalice cu fundaţii din beton.

Procesele de coroziune care au loc în infrastructură se extind treptat şi în partea inferioară a suprastructurii datorită migraţiei capilare a apei.

9.2.4.5. **Protecţia împotriva coroziunii.** În vederea precizării agresivităţii apelor subterane şi a stabilirii măsurilor de protecţie, STAS 3 349–68 stabileşte patru grade de agresivitate: slabă, moderată, intensă şi foarte intensă.

O primă condiţie de rezistenţă la acţiunea agresivă a apei este compactitatea betonului; în acest scop, STAS 3 519–52 defineşte gradul de impermeabilitate care este egal cu mărimea presiunii maxime, exprimată în daN/cm², la care poate fi supusă o probă de formă cubică, fără ca apa să o traverseze.

Pentru evitarea fenomenelor de coroziune, stabilirea dozajului de ciment, a gradului de impermeabilitate a betonului şi a tipului de ciment folosit se face în funcţie de agentul corosiv care acţionează asupra betonului.

Pentru betoane care vin în contact cu ape avînd duritate mică (coroziune de tip I), se recomandă:

— betoane simple cu 250 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–*4*;

— betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— elemente prefabricate din beton cu 300 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— strat de acoperire a armăturilor de cel puţin 2 cm.

Pentru betoane care vin în contact cu ape conţinînd acid carbonic (coroziune de tip II) se recomandă:

— betoane simple cu 280 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–4;

— betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— elemente prefabricate din beton cu 325 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— ciment *P* 500 sau *PC* 400.

În cazul cînd agresivitatea carbonică este intensă, se interzice folosirea cimenturilor *SR*, *SRA*, *M* 400, *F* 300 şi de baraj *H*.

Pentru betoane ce vin în contact cu ape care prezintă agresivitate sulfatică (coroziune de tip III) se recomandă:

— betoane simple cu 280 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–4;

— betoane armate monolite cu 350 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— elemente prefabricate din beton cu 325 kg ciment/m³ şi grad de impermeabilitate *P*–6;

— ciment *T* 400 şi *SRA*.

În cazul cînd agresivitatea sulfatică este foarte intensă nu pot fi utilizate cimenturile *P* 500, *PZ* 400 şi *Pzc*. La elemente prefabricate nu se recomandă utilizarea cimenturilor *RIM* 300.

Protecţia elementelor de construcţie împotriva agresivităţii apelor corosive poate fi asigurată şi prin hidroizolaţii corespunzătoare.

9.2.5.1. **Ecuaţia cîmpului termic.** Regimul higrotermic al infrastructurii este puternic influenţat de temperatura şi caracteristicile termofizice ale terenului de fundaţie.

Variaţiile sezoniere de temperatură în terenul de fundaţie calculate pentru condiţii medii în ţara noastră [95] sînt prezentate în figura 9.16. Caracteristicile termofizice ale terenului de fundaţie şi ale materialelor de construcţie din infrastructură sînt: λ — conductivitatea termică (W/m.K), c_p — căldura specifică (J/kg · K), ρ — densitatea aparentă (kg/m³); aceste caracteristici sînt influenţate mult de starea de umiditate a pămîntului.

Pentru stabilirea cîmpului termic în terenul de fundaţie şi în infrastructură (fig. 9.17) trebuie găsite soluţiile ecuaţiei diferenţiale cu derivate parţiale:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(a_i\frac{\partial\theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(a_i\frac{\partial\theta}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(a_i\frac{\partial\theta}{\partial z}\right), \quad (9.1)$$

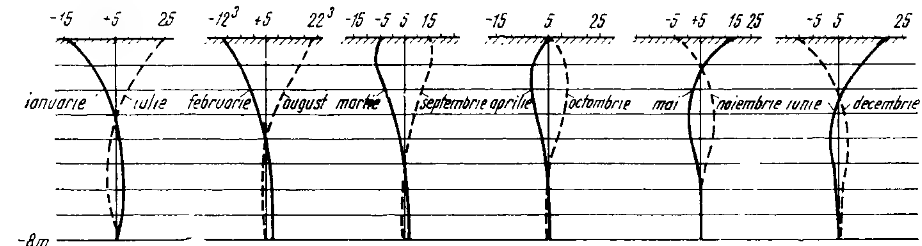


Fig. 9.16. Variaţii sezoniere de temperatură în teren pînă la adîncimea de 8 m (rezultate obţinute prin calcul) [95].

unde $i = 1 \ldots n$ este indicele referitor la un anumit strat al terenului de fundaţie sau la un anumit material de construcţie;

θ — temperatura, în °C;

t — timpul, în h;

$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}$ — coeficientul de difuzitate termică, în m²/s.

Considerînd transmisia bidirecţională (problema transmisiei plane), ecuaţia (9.1) devine:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(a_i\frac{\partial\theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(a_i\frac{\partial\theta}{\partial y}\right). \quad (9.2)$$

În limitele unui singur strat de pămînt sau material de construcţie,

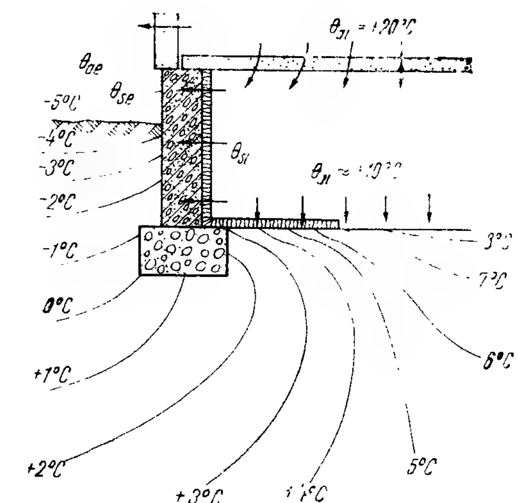


Fig. 9.17. Cîmpul termic în jurul părţii inferioare a unei construcţii.

valorile coeficientului de difuzivitate termică se pot considera constante iar ecuaţia (9.2) se scrie:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a_i \, \Delta(\theta). \tag{9.3}$$

Condiţiile la limite se stabilesc după cum urmează:
— pe suprafeţele în contact cu aerul:

$$(\theta_a - \theta_s)\alpha = -\lambda \frac{\partial \theta}{\partial n}; \tag{9.4}$$

— la contactul între două straturi de teren sau materiale i şi $i+1$:

$$\lambda_i \left|\frac{\partial \theta}{\partial n}\right|_i = \lambda_{i+1} \left|\frac{\partial \theta}{\partial n}\right|_{i+1}, \tag{9.5}$$

unde: θ_a şi θ_s sînt temperatura aerului, respectiv a suprafeţei, în °C;
α — coeficient de transfer termic prin convecţie şi radiaţie la suprafaţa în contact cu aerul, în W/m²K.

Se admite că temperatura aerului din încăperile subsolului construit (θ_{ai}) este cea impusă de condiţiile de exploatare; temperatura aerului exterior θ_{ae} se consideră variabilă după o lege sinusoidală, de forma:

$$\theta_{ae} = \theta_{med} + A_{T_e} \sin \omega t, \tag{9.6}$$

unde: θ_{med} este temperatura medie pentru perioada considerată, în °C;
$2A_{T_e}$ — amplitudinea oscilaţiilor termice ale aerului, în °C;
$\omega = \frac{2\pi}{T_p}$, T_p — durata unei perioade termice (an, zi), în ore.

După cum se observă, prin modul de punere a condiţiilor la limită se consideră că temperatura aerului deasupra terenului şi în încăperile din clădire nu depinde de cîmpul termic studiat. Aceasta este o aproximare a realităţii, pe baza căreia se pot aprecia condiţiile efective de exploatare.

9.2.5.2. **Stabilirea distribuţiei de temperatură în adîncime.** Metodele analitice de calcul pot fi utilizate numai în cazul transmisiei unidirecţionale şi numai cînd terenul poate fi considerat omogen. Ecuaţia (9.3) se scrie:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}, \tag{9.7}$$

în care z reprezintă direcţia verticală. Soluţia este:

$$\theta_{(z,t)} = A e^{-\frac{z}{h}} \sin\left(\omega t - \frac{z}{h}\right) + \theta_{zmed}, \tag{9.8}$$

unde:

$$h = \sqrt{\frac{2a}{\omega}}. \tag{9.9}$$

Se constată că amplitudinea scade repede cu adîncimea reprezentînd 1% din cea de la suprafaţă la 0,75 m dacă perioada este de 24 ore şi la 10 m dacă perioada este de 12 luni. În consecinţă, pentru condiţiile de exploatare ale infrastructurii nu prezintă interes decît variaţiile sezoniere de temperatură. La adîncimea

de 10...12 m, indiferent de sezon, pe întregul teritoriu al ţării noastre temperatura poate fi considerată constantă, egală cu 10°C.

Pentru stabilirea cîmpului termic în terenul de fundaţie şi în infrastructură (v. fig. 9.17), problema plană poate fi soluţionată numai prin metode aproximative folosind calculul numeric sau modele analogice, ca şi pentru punţile termice. Metoda modelării electrice cu reţea de rezistenţe şi capacităţi apare cea mai indicată. Prin alegerea scării de modelare în mod convenabil, perioada fenomenului electric se reduce la fracţiuni de secundă astfel încît fenomenul repetitiv poate fi observat pe ecranul unui osciloscop unde apare sub forma unei imagini staţionare. Se stabilesc astfel amplitudinea şi defazajul variaţiilor de temperatură în diverse puncte ale terenului de fundaţie şi ale infrastructurii în comparaţie cu temperatura suprafeţei.

9.2.5.3. **Evaluarea pierderilor de căldură.** Dacă se cunoaşte cîmpul de temperatură, pierderile de căldură pot fi uşor evaluate. În mod acoperitor acestea pot fi apreciate cu relaţia:

$$Q = (S_s k_s + S_p k_p)(\theta_{si} - \theta_t), \tag{9.10}$$

unde: Q este pierderea de căldură spre teren, în W;
S_s, k_s — suprafaţa, în m², respectiv coeficientul de transfer termic, în W/m²K pentru pardoseala aflată în contact cu terenul de fundaţie;
S_p, k_p — suprafaţa, în m², respectiv coeficientul de transfer termic, în W/m²K, pentru pereţii exteriori aflaţi sub nivelul trotuarului;
$\theta_t = 10$°C — temperatura medie anuală a terenului de fundaţie.

În condiţiile ţării noastre, la clădiri civile nu se utilizează încă izolaţii termice pe suprafeţele în contact cu pămîntul de fundaţie. STAS 6 472—74 prevede însă măsuri de corectare a punţilor termice, inclusiv a celor situate în punctul de întîlnire între pereţii exteriori cu soclul şi cu planşeul peste subsol, îmbunătăţindu-se astfel condiţiile de confort la parter şi reducîndu-se pierderile de căldură (fig. 9.18 şi 9.19).

În lipsa unor termoizolaţii şi hidroizolaţii adecvate, terenul de fundaţie exercită o influenţă defavorabilă asupra condiţiilor de confort higrotermic la primul nivel. Astfel, o pardoseală de mozaic va fi mai rece decît la alte paliere iar una impermeabilă din PVC dispusă pe beton va determina umezirea progresivă a suportului; drept urmare pardoseala se va dezlipi iar pereţii vor deveni umezi (fig. 9.20).

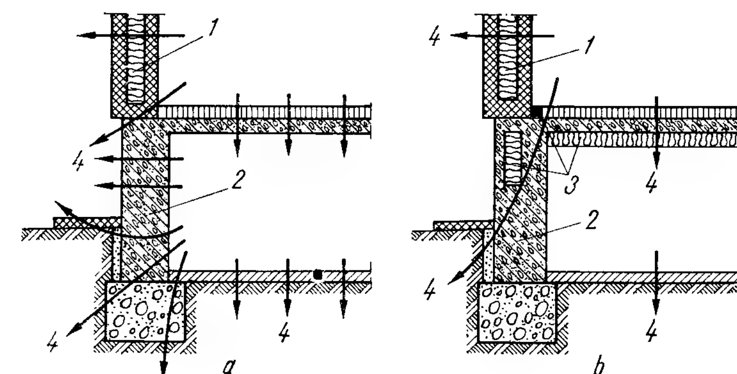


Fig. 9.18. Pierderi de căldură către soclu şi teren:
a — soluţie constructivă obişnuită; *b* — soluţie îmbunătăţită; *1* — panou prefabricat pentru peretele exterior; *2* — soclu masiv; *3* — izolaţie termică suplimentară; *4* — flux termic.

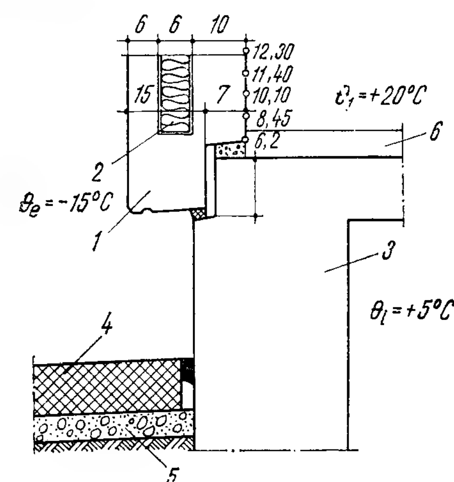


Fig. 9.19. Temperaturi în zona punții termice creată la rezemarea unui panou prefabricat sandviș pe soclu masiv:

1 – panou prefabricat pentru perete exterior; 2 – termoizolație la panoul exterior; 3 – soclu din beton; 4 – trotuar prefabricat; 5 – strat de poză din nisip; 6 – pardoseală.

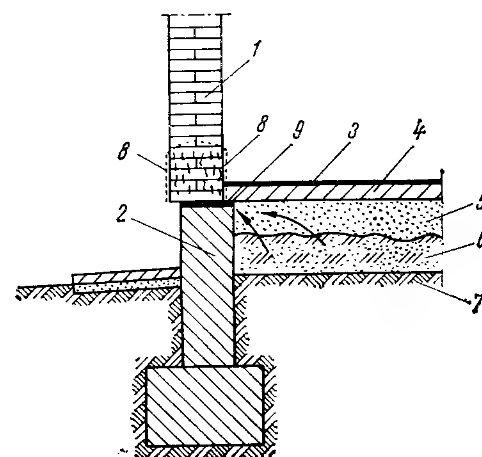


Fig. 9.20. Pardoseală din PVC pe suport de beton la parter, soluție constructivă necorespunzătoare:

1 – perete exterior; 2 – soclu; 3 – covor PVC lipit; 4 – beton simplu; 5 – strat de rupere a capilarității; 6 – umplutură compactată 7 – teren de fundație; 8 – zonă umedă (igrasie); 9 – hidroizolații.

Pentru reducerea pierderilor de căldură în construcții și pentru îmbunătățirea condițiilor de confort higrotermic la primul nivel, pot fi aplicate diverse soluții constructive (s-au utilizat în țările nordice):

— izolații termice la socluri și sub pardoselile în contact cu terenul de fundație (fig. 9.21);

— subsol construit cu izolație termică continuă la care se renunță la hidroizolațiile verticale dar se realizează în jur o umplutură cu teren permeabil (pietriș) și se asigură respirația pereților, ceea ce determină un regim favorabil de umiditate (fig. 9.22);

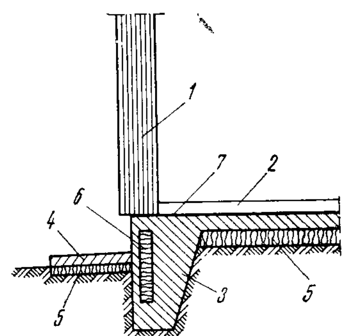


Fig. 9.21. Izolație termică la clădire de locuit cu pereți din panouri ușoare realizată în Suedia:

1 – perete cortină; 2 – pardoseală; 3 – fundație și soclu; 4 – trotuar; 5 – izolație termică din pislă minerală rigidă; 6 – izolație termică din polistiren celular; 7 – izolație hidrofugă.

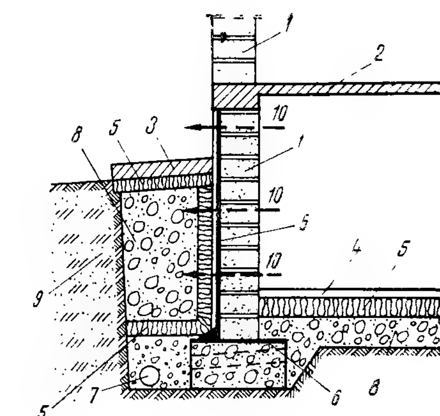
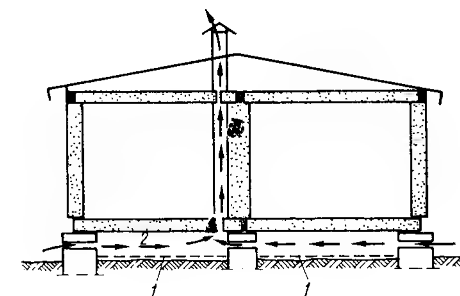


Fig. 9.22. Izolație termică la subsol locuibil [58]:

1 – perete din zidărie de beton celular autoclavizat; 2 – planșeu; 3 – trotuar; 4 – pardoseală; 5 – izolație termică din pislă minerală rigidă; 6 – izolație hidrofugă; 7 – tub drenant; 8 – pietriș; 9 – teren compactat; 10 – direcția de migrație a vaporilor de apă.

Fig. 9.23. Îmbunătățirea condițiilor de confort higrotermic la clădiri cu subsol tehnic [40]:

1 – barieră de vapori (folie de polietilenă); 2 – aer circulant.



— subsoluri tehnice ventilate activ prin orificii lăsate în soclu și canale verticale ce favorizează tirajul; terenul este acoperit cu polietilenă ca barieră de vapori (fig. 9.23), iar planșeul este din elemente de beton ușor termizolatoare.

9.3. RECOMANDĂRI PRIVIND ALCĂTUIREA CONSTRUCTIVĂ A FUNDAȚIILOR

9.3.1. CONDIȚII GENERALE

Materialele folosite pentru realizarea fundațiilor sînt:

— beton simplu B 25 pentru umpluturi și egalizări, B 50 pentru elemente care nu sînt supuse la variații mari de umiditate și B 100 pentru fundații la clădiri cu mai multe niveluri cînd betonul este expus la variații de umiditate;

— beton armat B 150 pentru tălpi de fundație, cuzineți, radiere și rețele de grinzi, B 200 pentru fundații cu solicitări importante sau expuse la acțiuni dinamice și pentru elemente armate cu plase sudate.

Adîncimea de fundare trebuie să satisfacă condițiile impuse de normativul *P* 10–75 și de STAS 6 054–64 privind adîncimea de îngheț și trebuie astfel stabilită încît fundația să pătrundă cel puțin 20 cm în stratul de pămînt bun de fundare.

Dimensionarea de rezistență a fundațiilor se efectuează conform normativului *P* 10–75 luînd în considerare acțiunile exterioare la nivelul fundațiilor, presiunea admisibilă a pămîntului de fundare la nivelul considerat, tipul fundațiilor etc.

9.3.2. FUNDAȚII CONTINUE

Aceste fundații se prevăd, de regulă, sub pereții portanți din zidărie sau din beton și mai rar sub stîlpi, cînd distanțele dintre aceștia nu sînt prea mari. Din punct de vedere al felului cum lucrează în sens transversal, aceste fundații pot fi:

— *rigide*, cu talpa din beton simplu și mai rar din beton ciclopian sau din zidărie, avînd secțiunea dreptunghiulară, evazată sau în trepte (fig. 9.24);

— *elastice*, cu talpa din beton armat (fig. 9.25);

— *centrice*, dispuse simetric sub pereți încărcați axial;

— *excentrice*, la pereții de la rosturile de dilatație sau de tasare sau cînd sînt supuse la încărcări excentrice.

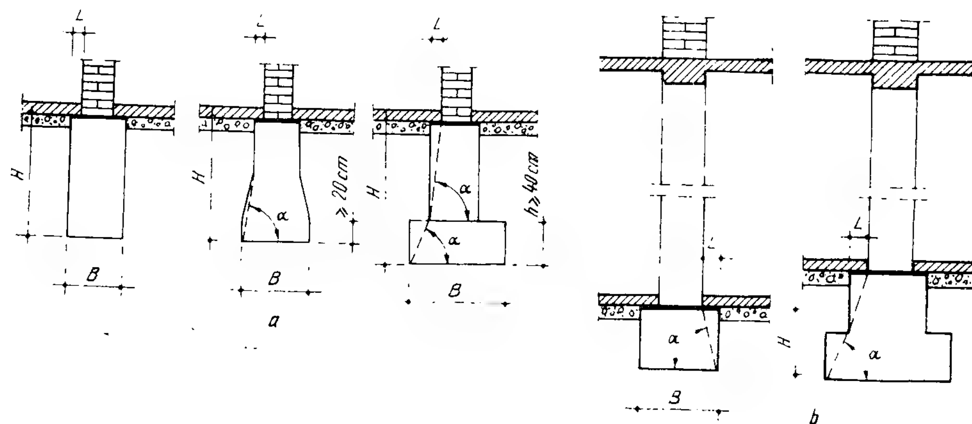


Fig. 9.24. Fundații continue rigide:
a — la clădiri fără subsol; *b* — la clădiri cu subsol.

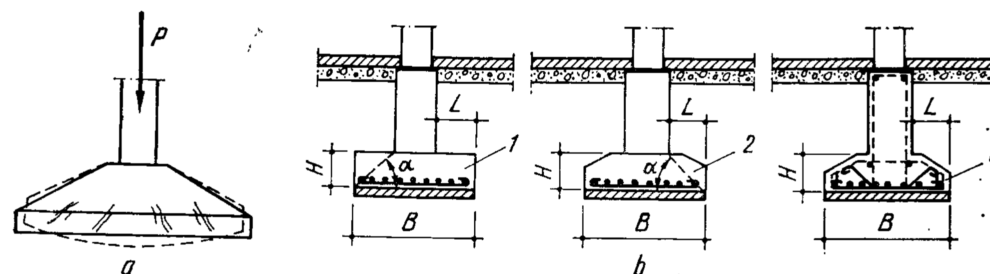


Fig. 9.25. Fundații continue elastice:
a — cedarea fundației prin solicitare la încovoiere transversală; *b* — tipuri de fundații continue elastice; *1* — fundație elastică de formă prismatică; *2* — fundație continuă elastică cu muchii teșite; *3* — fundație continuă elastică sub formă de obelisc.

9.3.2.1. **Fundații continue rigide.** Aceste tipuri de fundații lucrează, în special, la eforturi de compresiune. Treptele fundației trebuie să aibă cel puțin 40 cm înălțime, iar tangenta unghiului α format de înălțimea treptelor și lățimea lor trebuie să satisfacă condițiile din tabelul 9.1, în funcție de presiunea sub talpa fundației și de marca betonului utilizat.

Verificarea presiunilor pe teren se face admițînd o distribuție liniară. În cazul solicitărilor excentrice, fundația se va dimensiona astfel încît rezultanta tuturor forțelor să se mențină în treimea mijlocie a bazei, pentru ca întreaga ei lățime să participe la transmiterea presiunilor pe teren. Cînd această condiție nu poate fi satisfăcută, se va considera în calcul numai lățimea activă a fundației (partea sub care se dezvoltă presiuni). Urmărind figura 9.26, în cazul cînd rezultanta acționează în limitele sîmburelui central, presiunea efectivă p_{ef} este:

Tabelul 9.1

Presiunea maximă pe teren, în daN/cm²	Valorile minime ale tgα pentru beton de marca:		
	B 50	B 100	B 150
$p \leqslant 2$	1,3	1,1	1,0
$p = 3$	1,6	1,3	1,1
$p = 4$	1,8	1,5	1,3
$p = 6$	—	1,8	1,6

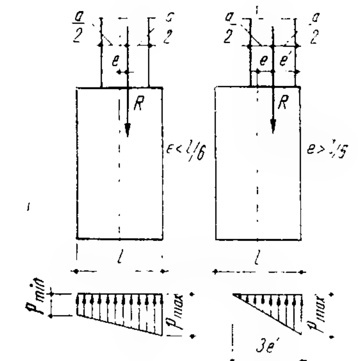


Fig 9.26. Fundații solicitate excentric:
a — cu rezultanta încărcărilor în interiorul sîmburelui central; *b* — cu rezultanta încărcărilor în afara sîmburelui central.

$$p_{ef} = \frac{P}{100\,l}\left(1 \pm \frac{6e}{l}\right), \qquad (9.11)$$

iar în cazul cînd acționează în afara sîmburelui central:

$$p_{ef} = \frac{2}{3}\,\frac{P}{100\,e'} = \frac{4P}{300a} \simeq 1{,}33\,\frac{P}{100\,a}. \qquad (9.12)$$

Reiese că evazarea asimetrică a tălpii a făcut să crească cu 33% presiunea care apare în cazul cînd talpa ar avea chiar lățimea peretelui, adică *a*:

$$p_{ef} = \frac{P}{100\,a}. \qquad (9.13)$$

Deformațiile transversale ale terenului și fundației, ca urmare a aplicări excentrice a rezultantei, au un efect favorabil, contribuind la deplasarea rezultantei spre centrul fundației. Acest efect poate fi luat în considerație, cu condiția ca peretele ce sprijină pe fundație să fie legat la partea superioară fie prin prezența unui planșeu cu centură, fie prin pereți transversali dispuși la cel mult 6 m distanță.

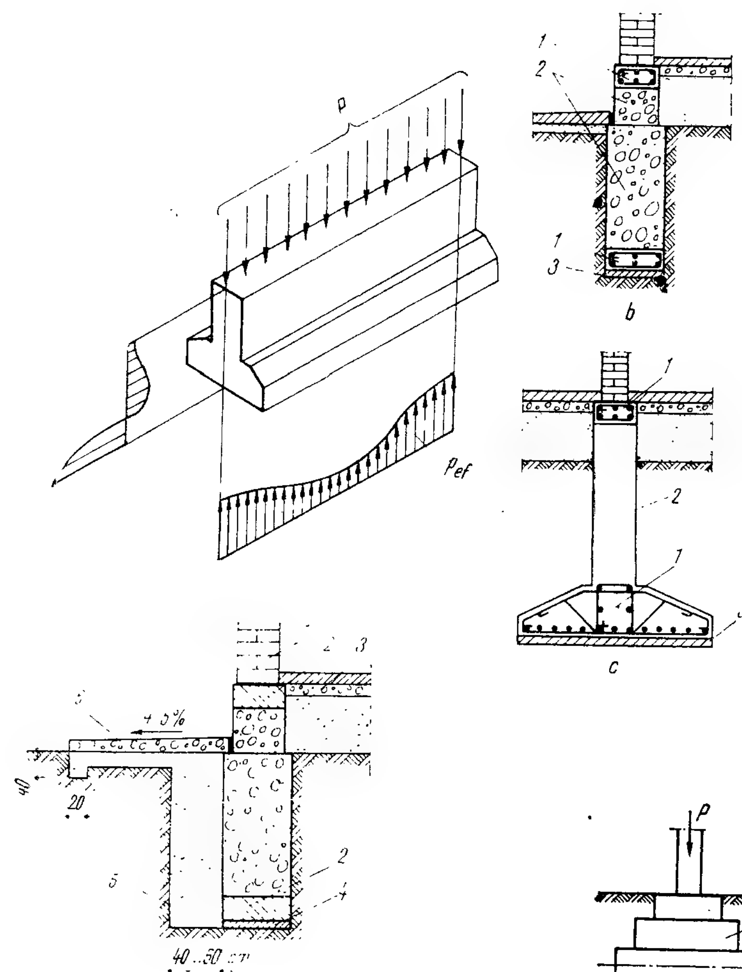
Cele arătate pînă aici se referă numai la solicitările care apar în planul transversal al fundațiilor continue, fără a lua în considerație posibilitatea unor solicitări în lungul tălpii ca urmare a unor tasări neuniforme. În asemenea situații:

— dacă se prevăd tasări inegale mici, se realizează fundații cu rigiditate sporită (fig. 9.27) întărite cu centuri;

— dacă se prevăd tasări neuniforme importante se prevăd posibilități de conlucrare a fundației cu pereții subsolului și se efectuează un calcul privind conlucrarea întregii structuri. Lungimile se limitează prin rosturi.

Pentru a diminua posibilitățile de apariție a unor eforturi suplimentare, ca în cazul pămînturilor de fundație cu contracții mari sau sensibile la umiditate. se pot prevedea umpluturi de pămînt compactat, stabilizat etc., precum și măsuri speciale de împiedicare a infiltrațiilor de apă în teren (fig. 9.28).

9.3.2.2. **Fundații continue elastice.** Aceste fundații lucrează la încovoiere transversală și se recomandă atunci cînd, din cauza nivelului ridicat al apelor subterane, se impun adîncimi mici de fundare, dar încărcările fiind mari, talpa trebuie să aibă o lățime mare (fig. 9.29). Fiind armate, aceste fundații se dispun pe un strat de beton de egalizare B 25, în grosime de 5...10 cm. Pentru asigurarea rigidității, fundațiile continue elastice se realizează astfel încît înălțimea tălpii *H*, măsurată la baza peretelui, raportată la lățimea tălpii *B*, să satisfacă condițiile din tabelul 9.2. și din figura 9.30.



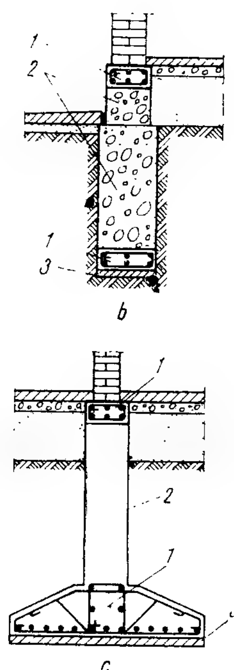


Fig. 9.27. Fundaţii solicitate longitudinal:

a – distribuţia eforturilor în lungul fundaţiilor; *b*; *c* – fundaţii întărite cu centuri din beton armat; *1* – centuri armate; *2* – beton în elevaţie; *3* – beton de egalizare.

Fig. 9.28. Fundaţie în pămînturi cu contracţii mari:

1 – perete exterior; *2* – centură din beton armat; *3* – soclu din beton simplu; *4* – beton de egalizare; *5* – pămînt stabilizat; *6* – trotuar din beton.

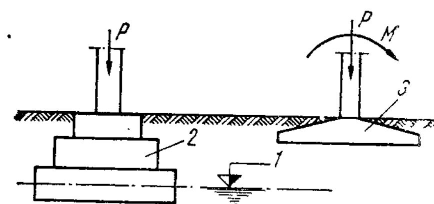


Fig. 9.29. Stabilirea tipului de fundaţie în raport cu nivelul pînzei de apă şi cu natura eforturilor transmise de suprastructură:

1 – nivelul apei subterane; *2* – fundaţie din beton simplu; *3* – fundaţie din beton armat.

Tabelul 9.2

Presiunea maximă pe teren, în daN/cm²	Valori (*H*/*B*) peste care nu mai este necesară verificarea fundaţiei la eforturi principale		$\frac{H}{B}$ minim
	B 100	B 150	
1	0,20	0,20	0,20
2	0,21	0,21	0,21
3	0,23	0,22	0,22
4	0,26	0,23	0,23
5	0,28	0,26	0,24
6	0,30	0,28	0,25

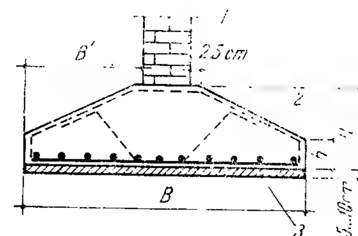


Fig. 9.30. Fundaţie continuă elastică:

1 – perete exterior; *2* – talpă elastică din beton armat; *3* – beton de egalizare.

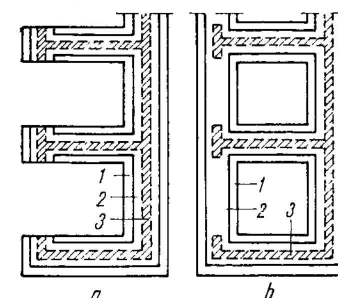


Fig. 9.31. Dispunerea fundaţiilor sub diafragme:

a – greşit; *b* – corect; *1* – talpă; *2* – soclu; *3* – diafragmă.

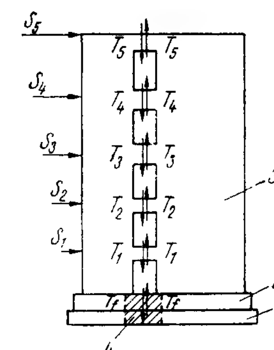


Fig. 9.32. Fundaţia unei diafragme cu goluri:

1 – talpă; *2* – soclu; *3* – diafragmă cu goluri pentru uşi sau ferestre; *4* – zonă de solicitare la forfecare şi încovoiere; $S_1 \ldots S_5$ – forţe seismice de nivel; T_f – forţa tăietoare la nivelul fundaţiilor; $T_1 \ldots T_5$ – forţe tăietoare de nivel.

Verificarea presiunilor pe teren se efectuează ca şi pentru fundaţiile continue rigide cu relaţiile (9.11) şi (9.12).

9.3.2.3. **Fundaţii continue la structuri cu diafragme.** Aceste fundaţii conlucrează direct cu structura de rezistenţă a suprastructurii. Pentru asigurarea legăturii, fundaţiile se prevăd la partea superioară cu centuri şi cu mustăţi care pătrund în pereţi. În plan, fundaţiile trebuie să prezinte forma unor contururi închise fără terminaţii libere (fig. 9.31, *b*).

Zonele de fundaţii situate sub golurile de la primul nivel se verifică la presiunea terenului de jos în sus. În cazul cînd există mai multe goluri pe aceeaşi verticală, zona de fundaţie se verifică la forţa tăietoare rezultată din ansamblul diafragmei ţinînd seama de acţiunea forţelor orizontale (fig. 9.32).

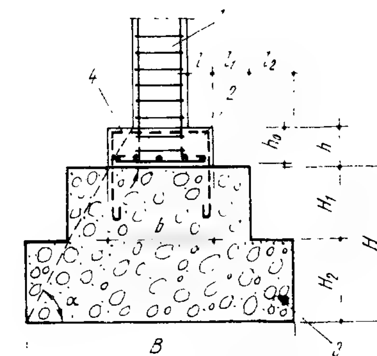
9.3.3. FUNDAŢII IZOLATE

Fundaţiile izolate se utilizează la clădirile cu elemente verticale de rezistenţă sub formă de stîlpi şi se realizează rigide sau elastice ca şi cele continue.

9.3.3.1. **Fundaţii izolate rigide.** Aceste fundaţii sînt constituite dintr-un cuzinet de beton armat şi un bloc din beton simplu care lucrează la compresiune (fig. 9.33); condiţiile de rigiditate sînt identice cu cele pentru tălpi continue

Fig. 9.33. Fundaţie izolată rigidă:

1 – stîlp; *2* – cuzinet din beton armat; *3* – bloc din beton simplu; *4* – ancoraj.



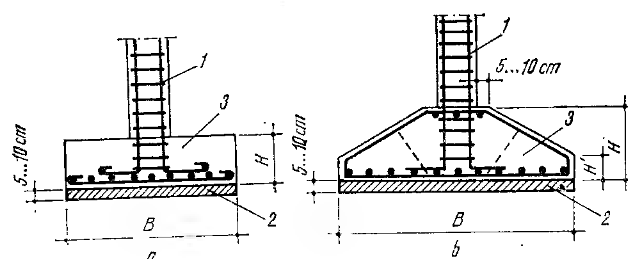


Fig. 9.34. Tipuri de fundaţii izolate elastice :

a – prizmatică ; *b* – obelisc ; *1* – stîlp ; *2* – beton de egalizare ; *3* – talpă armată.

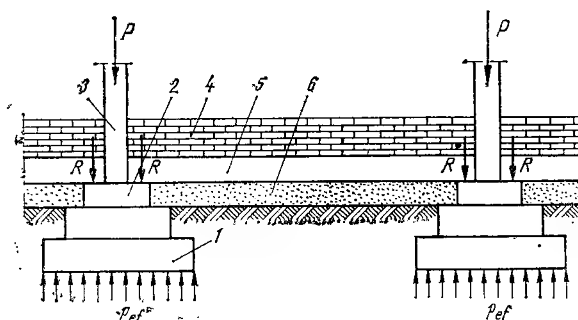


Fig. 9.35. Fundarea pereţilor în cazul tălpilor izolate :

1 – bloc ; *2* – cuzinet ; *3* – stîlp ; *4* – zidărie ; *5* – grindă de fundaţie din beton armat (monolit sau element prefabricat) ; *6* – umplutură compresibilă.

rigide (v. tab. 9.1). Necesitînd un consum redus de oţel şi cofraje, fundaţiile izolate rigide se recomandă atunci cînd nivelul apei subterane este sub adîncimea de fundare şi cînd stîlpii nu transmit momente încovoietoare importante.

9.3.3.2. **Fundaţii izolate elastice.** Aceste fundaţii sînt indicate atunci cînd stîlpii transmit momente încovoietoare importante şi cînd pînza de apă subterană se află la adîncime redusă.

În cazul cînd suprafaţa bazei este de cel mult un m^2, se recomandă realizarea unei fundaţii prizmatice (fig. 9.34, *a*), iar cînd suprafaţa bazei este mai mare decît un m^2, se recomandă o fundaţie de tip obelisc (fig. 9.34, *b*). Pentru asigurarea rigidităţii minime, fundaţiile se proiectează astfel încît să fie respectate rapoartele dintre dimensiunile în plan ale funcţiei şi înălţimea ei, indicate în tabelul 9.2.

La clădirile cu fundaţii izolate, este indicat ca pereţii să transmită încărcarea lor aceloraşi fundaţii ca şi stîlpii, pentru a se asigura uniformitatea tasărilor structurii. În acest scop, pereţii reazemă pe grinzi de fundaţie ale căror capete sprijină pe fundaţiile izolate (fig. 9.35).

9.3.4. FUNDAŢII PE REŢELE DE GRINZI ŞI RADIERE

9.3.4.1. **Fundaţii pe reţele de grinzi.** Se recomandă numai în cazuri speciale şi anume :

— cînd compresibilitatea pronunţată a terenului impune o rigidizare puternică a construcţiei la nivelul fundaţiei, imposibil de realizat prin centuri şi alte elemente mai simple ;

— cînd evazarea fundaţiilor izolate este împiedicată din cauza unui obstacol continuu paralel cu şirul de stîlpi.

Reţeaua de grinzi leagă între ei toţi stîlpii în ambele direcţii, oferind în acelaşi timp o suprafaţă mare de rezemare pe teren. Consumurile de armături şi cofraje

fiind mari, acest sistem trebuie aplicat numai în baza unei analize tehnico-economice.

9.3.4.2. **Radiere.** Radierele de beton armat se recomandă în următoarele cazuri :

— cînd se urmăreşte o rigidizare generală a întregii infrastructuri care este amplasată pe terenuri compresibile şi neuniforme ;

— cînd pereţii subsolului şi planşeul peste subsol trebuie să formeze împreună cu fundaţia o cutie spaţială rigidă.

Radierul lucrează ca un planşeu invers. În raport cu tipul de structură adoptat pentru clădire, cu distribuţia încărcărilor şi cu cerinţele de ordin funcţional la subsol, se pot adopta diverse soluţii : radier placă dreaptă, radier cu grinzi, radier planşeu ciupercă etc.

9.3.5. TASĂRILE INEGALE ŞI EFECTUL LOR ASUPRA STRUCTURII DE REZISTENŢĂ

Unul din aspectele interacţiunii teren-clădire se referă la eforturile cauzate de tasările neuniforme care pot fi determinate de neuniformitatea pămîntului sub clădire (fig. 9.36), de modul cum este încărcat pămîntul de către clădire (fig. 9.37), de variaţiile de umiditate ale terenului de fundaţie şi de fenomene de îngheţ-dezgheţ.

Tasările neuniforme conduc la încărcarea suplimentară a structurii de rezistenţă şi ca urmare, capacitatea portantă este redusă, apar fisuri şi uneori avarii însemnate. Aceste efecte sînt mai puternic simţite la clădirile cu structură rigidă decît la cele flexibile care se adaptează mai uşor tasărilor neuniforme.

Pentru a evita apariţia tasărilor neuniforme trebuie urmărită, pe cît posibil, o repartiţie uniformă a încărcărilor pe teren, apoi se analizează starea de eforturi şi deformaţii a ansamblului clădire-teren. După o predimensionare iniţială,

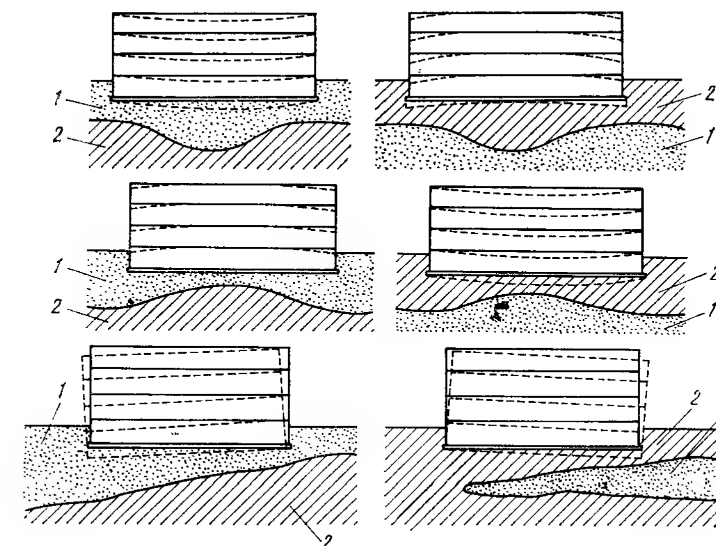


Fig. 9.36. Tasări neuniforme provocate de stratificaţia terenului de fundaţie :

1 – teren compresibil ; *2* – teren cu compresibilitate redusă.

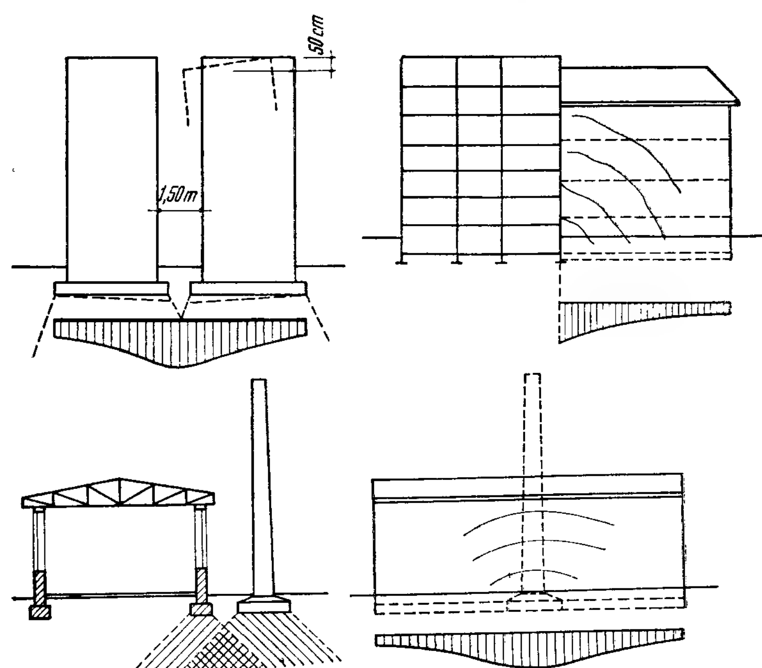


Fig. 9.37. Tasări neuniforme cauzate de încărcarea inegală a pămîntului de fundaţie.

în cadrul căreia fundaţiile, terenul şi suprastructura sînt privite independent, se trece la o nouă etapă de calcul în cadrul căreia se ţine seamă de conlucrarea dintre suprastructură şi infrastructură, apoi de cea dintre infrastructură şi teren. Se procedează prin aproximaţii succesive, avînd în vedere condiţiile de continuitate a deformaţiilor atît la nivelul de contact teren-fundaţie cît şi la nivelul legăturii infrastructurii cu suprastructura.

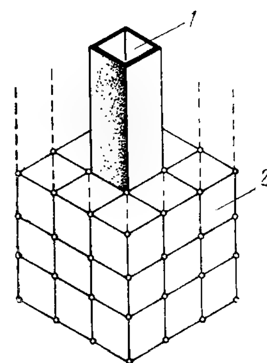


Fig. 9.38. Structură mixtă care se adaptează la tasări diferenţiate :

1 – turn central rigid; 2 – elemente prefabricate articulate, amplasate perimetral.

În general, atunci cînd există posibilitatea unor tasări inegale greu de evitat, sînt mai avantajoase structurile elastice cu posibilităţi mari de adaptare la aceste tasări inegale (fig. 9.38). În acelaşi sens favorabil acţionează şi introducerea unor rosturi de tasare între tronsoane (fig. 9.39). Dacă, totuşi, din alte considerente, clădirea se proiectează cu o structură unitară rigidă, de exemplu cu diafragme din beton armat, atunci infrastructura trebuie concepută astfel încît să prezinte şi ea o rigiditate cît mai mare. Subsolul construit împreună cu fundaţia se vor comporta ca o cutie rigidă situată deasupra zonelor cu teren compresibil (fig. 9.40).

În ansamblu, structura de rezistenţă trebuie să limiteze pe cît posibil tasările neuniforme şi efectele lor. Clădirile proiectate astfel trebuie să fie divizate prin rosturi verticale care străbat fundaţiile şi care permit deplasări libere ale fiecărui tronson în parte.

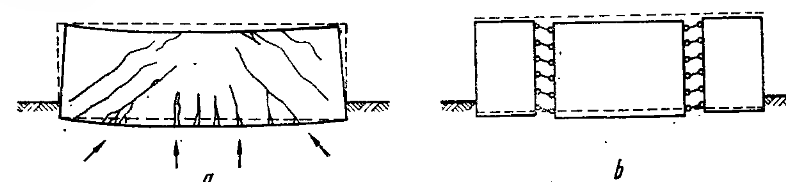


Fig. 9.39. Construcţie cu structură rigidă amplasată pe pămînturi cu tasări inegale :

a – construcţie fără rosturi de tasare care a suferit efectul tasărilor inegale; b – construcţie separată în tronsoane cu rosturi de tasare.

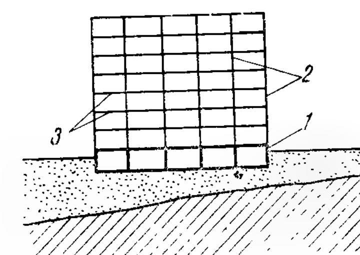


Fig. 9.40. Structură spaţială cu rigiditate sporită :

1 – subsol rigid; 2 – diafragme din beton armat; 3 – planşee din beton armat.

Capitolul 10

HIDROIZOLAŢII LA FUNDAŢII ŞI SUBSOLURI

10.1 FUNCŢIUNILE HIDROIZOLAŢIILOR

Apa în exces exercită acţiuni defavorabile asupra construcţiilor cauzînd igrasie, mucegai, putrezire, variaţii de volum, modificări ale caracteristicilor mecanice ale materialelor, reducerea capacităţii de izolare termică, degradări prin îngheţ-dezgheţ, coroziune etc. Din această cauză, clădirile se protejează împotriva infiltraţiilor de apă prin lucrări de etanşare denumite *izolaţii hidrofuge* sau *hidroizolaţii*, realizate cu materiale impermeabile la apă. Hidroizolaţiile la fundaţii şi subsoluri previn umezirea clădirii din surse aflate în terenul de fundaţie ori la suprafaţa acestuia.

La proiectarea şi executarea hidroizolaţiilor infrastructurii se ţine seama că acestea sînt lucrări ascunse, greu de controlat şi reparat, astfel încît trebuie să prezinte condiţii superioare de calitate şi o durabilitate mare, egală în principiu cu cea de exploatare a construcţiei. Prescripţiile tehnice privind lucrările de hidroizolaţii la fundaţii şi subsoluri sînt cuprinse în normativul *C* 112–70 şi STAS 2 355-63.

10.2. CLASIFICAREA HIDROIZOLAŢIILOR

Hidroizolaţiile se clasifică în raport cu :

— sursa de umezire şi modul de acţiune al apei ;

— materialele utilizate şi capacitatea lor de a se adapta deformaţiilor infrastructurii, fără a se degrada.

10.2.1. CLASIFICAREA HIDROIZOLAȚIILOR ÎN RAPORT CU SURSA DE UMEZIRE ȘI MODUL DE ACȚIUNE AL APEI

În raport cu sursele de umezire și cu modul de acțiune al apei, prezentate la punctul 9.2.4, hidroizolațiile se clasifică în:

— *hidroizolații care împiedică absorbția apei din terenul de fundație* în zona superioară a acestuia unde porii sînt parțial plini cu apă (aceste hidroizolații sînt denumite hidroizolații împotriva umidității pămîntului);

— *hidroizolații împotriva apelor fără presiune hidrostatică*, dispuse în zona de ascensiune capilară mai puternică a terenului de fundație, dar deasupra nivelului maxim al pînzei freatice;

— *hidroizolații împotriva apelor cu presiune hidrostatică*, dispuse sub nivelul maxim al pînzei freatice sau în pămînturi cu permeabilitate redusă care favorizează formarea pungilor de apă din infiltrațiile apelor meteorice.

10.2.2. CLASIFICAREA HIDROIZOLAȚIILOR ÎN RAPORT CU MATERIALELE UTILIZATE ȘI CU CAPACITATEA DE A SE ADAPTA DEFORMAȚIILOR INFRASTRUCTURII

În raport cu materialele utilizate pentru obținerea etanșeității față de apă, tipurile principale de hidroizolații sînt cele prezentate în schema din figura 10.1, care se pot grupa astfel:

— hidroizolații realizate din beton sau mortar impermeabil sau din foi de oțel sudate considerate *rigide* deoarece modulul de elasticitate al materialului folosit este egal sau superior celui al elementelor de construcție cu care conlucrează mecanic (fundații, pereți, socluri). Atunci cînd li se impun deformații care conduc la depășirea rezistențelor lor de rupere, aceste hidroizolații fisurează permițînd infiltrarea apelor;

— hidroizolații din masticuri bituminoase, foi de plumb, materiale plastice sau argile, considerate *plastice* datorită proprietății de a se adapta la deformațiile lente ale stratului suport. În cazul solicitărilor bruște și în cazul solicitărilor alternative, aceste hidroizolații se rup;

— hidroizolații pe bază de produse bituminoase armate cu materiale în suluri care prezintă cele mai favorabile proprietăți de adaptare la variațiile dimensionale ale stratului suport și de rezistență la întindere. Aceste hidroizolații se numesc *elastice* și sînt cele mai des folosite.

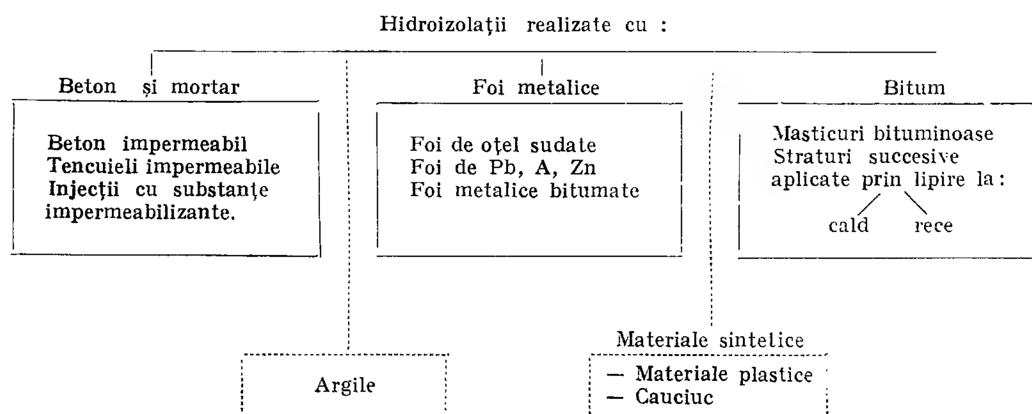


Fig. 10. 1. Tipuri de hidroizolații.

10.3. MATERIALE PENTRU HIDROIZOLAȚII LA FUNDAȚII ȘI SUBSOLURI

La realizarea hidroizolațiilor se folosesc materiale de etanșare (bitumuri, mase bituminoase, foi impermeabile etc.), materiale pentru armarea straturilor de etanșare (foi și țesături impregnate) și materiale auxiliare (filer de calcar, cenușă de termocentrală, ciment, benzină, benzi de tablă, chituri, nisip etc.).

10.3.1. BITUMURILE

Majoritatea lucrărilor de hidroizolație în construcții se realizează cu bitum care este practic impermeabil la apă, deși o absoarbe în cantități mici și se umflă (fig. 10.2), tendință care poate fi redusă prin dispunerea bitumului astfel încît să fie comprimat între două suprafețe rigide [66].

Proprietățile mecanice și de deformabilitate ale bitumurilor depind de temperatură; astfel, la temperaturile obișnuite de exploatare a fundațiilor, bitumurile au o comportare vîscoasă și sub acțiunea îndelungată a eforturilor tangențiale aplicate direct sau rezultate din compresiunea exercitată la fețele de contact, curg lent fără a-și mai reveni la forma inițială după încetarea încărcării (fig. 10.3). Această tendință, care poate fi anihilată prin dispunerea bitumului într-un locaș închis, delimitat de fețe rigide, se accentuează la temperaturi mai ridicate, proprietate pe care se bazează punerea în operă a bitumului în stare fluidă prin metoda la cald. Dimpotrivă, la solicitări bruște și la temperaturi scăzute, bitumul se comportă ca un material casant.

Ținînd seamă de condițiile normale de temperatură la punerea în operă și de cele din exploatare, prescripțiile tehnice recomandă ca pentru hidroizolații la fundații și subsoluri să se utilizeze bitum industrial tip *B* și *C*, bitum pentru drumuri tip *G*, bitumuri oxidate *MA* și *MFT* și bitum *MC* cu adaos de cauciuc, avînd punctul de înmuiere la temperaturi de peste 65...75°C.

10.3.2. MASELE BITUMINOASE

Acestea sînt de două feluri:

— *soluții bituminoase* (bitum tăiat) din bitum dizolvat în solvenți organici (benzină auto *CO* 75, white-spirt *A* și *C*) în proporție de 30...70% bitum și restul solvent;

— *masticuri bituminoase* din bitum topit cu cel mult 30% materiale inerte de umplutură (filer de calcar, cenușă de termocentrală etc).

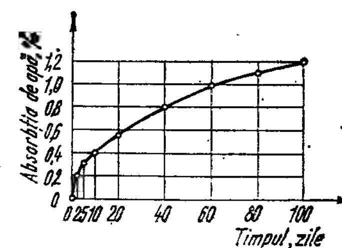


Fig. 10.2. Absorbția apei de către bitum în funcție de timp.

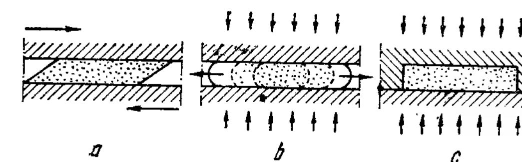


Fig. 10.3. Comportarea hidroizolației bituminoase sub acțiunea unor forțe exterioare:
a; *b* — masa bituminoasă curge; *c* — curgerea este împiedicată prin închiderea masei bituminoase între pereți rigizi.

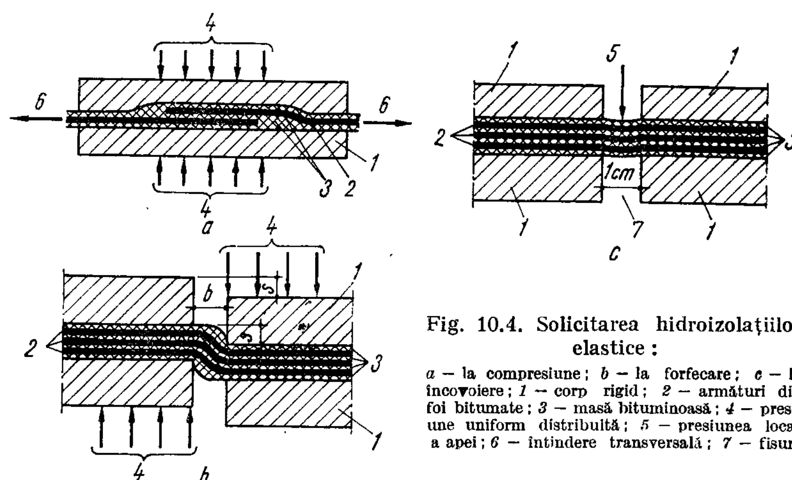


Fig. 10.4. Solicitarea hidroizolațiilor elastice:

a – la compresiune; *b* – la forfecare; *c* – la încovoiere; *1* – corp rigid; *2* – armături din foi bitumate; *3* – masă bituminoasă; *4* – presiune uniform distribuită; *5* – presiunea locală a apei; *6* – întindere transversală; *7* – fisură.

Soluțiile bituminoase sînt folosite pentru amorsarea stratului suport pe care urmează a se aplica celelalte straturi ale hidroizolației. Stratul suport trebuie să fie perfect uscat cînd se aplică soluția de amorsaj iar temperatura exterioară trebuie să nu fie sub +5°C.

Masticurile bituminoase au punctul de înmuiere la temperaturi de peste 65...75°C fiind utile pentru etanșări și lipirea straturilor hidroizolației prin aplicare la cald (în stare topită), pe suport uscat, cînd temperatura exterioară nu coboară sub +5°C.

10.3.3. FOILE BITUMATE

Acestea pot fi cartoane bitumate pe suport de celuloză, împîslitură din fibră de sticlă bitumată sau pînză bitumată cu suport din fibre organice țesute.

Masele bituminoase nu pot prelua singure eforturile la care sînt supuse în timpul exploatării și din această cauză se armează. Ansamblul masă bituminoasă-foi bitumate dispuse în straturi alternative are proprietăți îmbunătățite, se comportă bine la eforturi de compresiune, întindere și forfecare continuînd să reziste chiar și atunci cînd elementul suport a fisurat (fig. 10.4).

10.4 ALCĂTUIREA HIDROIZOLAȚIILOR

10.4.1. INDICAȚII GENERALE

La proiectarea hidroizolațiilor pentru fundații și subsoluri se iau în considerație următorii parametrii principali:

— destinația încăperilor situate la partea inferioară a clădirii (camere de locuit, depozite, sală de mașini, subsol tehnic), cu gradul de umiditate cerut de condițiile de exploatare;

— sursele de umezire, durata, nivelul și modul de acțiune al apei (permanentă, temporară, presiunea hidrostatică și eventual agresivitatea chimică);

— deformabilitatea de ansamblu și locală a sistemului structură de rezistență — fundație — teren;

— caracteristicile terenului de fundație;

— înclinarea suprafețelor hidroizolate;

— condițiile impuse de procesul tehnologic de execuție.

La alegerea tipului de hidroizolație și a sistemului constructiv se ține seama că:

— hidroizolațiile elastice alcătuite din mai multe straturi armate oferă cele mai bune condiții de protecție, siguranță și economicitate;

— un minim de trei foi bitumate între patru straturi de mastic bituminos protejează construcția chiar și în cazul cînd suportul hidroizolației prezintă fisuri limitate;

— hidroizolațiile pe bază de bitum pot constitui un strat de lunecare între elementele de construcție și deci nu trebuie ca hidroizolațiile elastice să întrerupă continuitatea structurii de rezistență;

— încărcările limitate pe care le pot prelua hidroizolațiile trebuie să acționeze perpendicular pe planul acestora și să fie uniform distribuite;

— hidroizolațiile elastice nu trebuie supuse la eforturi de întindere sau forfecare iar eforturile de compresiune să fie de cel puțin 0,1 daN/cm^2 și de cel mult 5 daN/cm^2;

— hidroizolațiile pe bază de bitum trebuie să fie înconjurate din toate părțile de elemente rigide astfel încît masa de bitum să nu poată fi expulzată;

— straturile suport și de protecție a hidroizolațiilor trebuie să împiedice perforarea sau ruperea acestora;

— temperatura de exploatare nu trebuie să depășească 40°C, rămînînd cu 30°C sub punctul de înmuiere al masei bituminoase.

10.4.2. HIDROIZOLAȚII CARE ÎMPIEDICĂ ABSORBȚIA APEI DIN PĂMÎNT

Elementele de construcție aflate în pămînt, deasupra zonelor de ascensiune capilară continuă, absorb apa în virtutea gradientului de umiditate, chiar dacă în zona respectivă de teren nu se formează pungi de apă. Măsurile recomandate pentru protecția construcției împotriva umidității pămîntului sînt următoarele:

— prevenirea acumulărilor de apă în terenul de lîngă clădire prin dispunerea unui strat filtrant din pietriș și a unor drenuri (fig. 10.5);

— realizarea unor straturi de izolație hidrofugă orizontală sub pereții interiori și exteriori (fig. 10.6 și 10.7) cu una sau două foi de carton bitumat între două sau trei straturi de mastic bituminos;

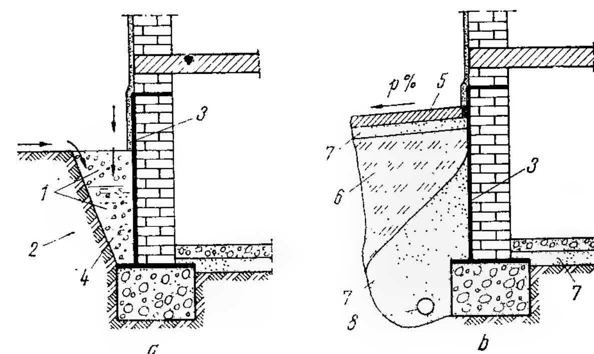


Fig. 10.5. Prevenirea acumulărilor de apă lîngă clădire:

a – soluție necorespunzătoare; *b* – soluție corespunzătoare; *1* – teren permeabil; *2* – teren impermeabil; *3* – hidroizolație; *4* – pînză de apă; *5* – trotuar; *6* – teren compactat; *7* – umplutură de pietriș (strat filtrant); *8* – dren colector.

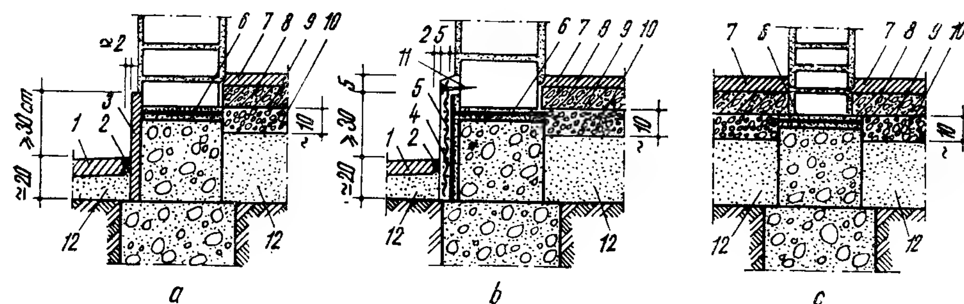


Fig. 10.6. Hidroizolaţii la clădiri fără subsol:

a; *b* — variante pentru hidroizolarea soclului exterior; *c* — hidroizolarea peretelui interior; *1* — trotuar; *2* — rost umplut cu mastic de bitum; *3* — tencuială impermeabilă la soclu; *4* — hidroizolaţia verticală a soclului cu materiale bituminoase; *5* — protecţia izolaţiei soclului cu mortar marca 100 armat cu rabiţ sau placaj impermeabil; *6* — hidroizolaţie orizontală a peretelui; *7* — pardoseală; *8* — strat-suport al pardoselii; *9* — strat de separare din hîrtie Kraft sau carton; *10* — strat de rupere a capilarităţii din pietriş; *11* — cîrlig de ancorare a hidroizolaţiei; *12* — umplutură.

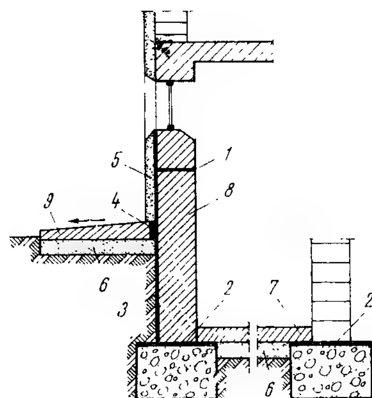


Fig. 10.7. Hidroizolaţie la clădire cu demisol nelocuit:

1; *2* — hidroizolaţie orizontală din două straturi de carton bitumat şi straturi de mastic de bitum; *3* — hidroizolaţie verticală cu bitum aplicat prin vopsire; *4* — dop de mastic bituminos; *5* — soclu tencuit; *6* — strat de pietriş pentru ruperea capilarităţii, *7* — pardoseală; *8* — perete din beton; *9* — trotuar; *NA* — nivelul maxim al apelor subterane.

— dispunerea unui strat de întrerupere a capilarităţii sub pardoseala primului nivel executat din pietriş şi eventual a unei izolaţii hidrofuge orizontale;

— realizarea unei izolaţii hidrofuge verticale din materiale bituminoase, dimensionată în raport cu destinaţia încăperii, pe întreaga suprafaţă a peretelui exterior, inclusiv pe soclu.

Importanţa hidroizolaţiei (natura şi numărul straturilor ce o compun, dacă se continuă sub pardoseală sau nu) depinde de exigenţele impuse pentru spaţiul util. Astfel, dacă în demisol sînt locuinţe, se prevăd două sau trei straturi de carton asfaltat şi trei sau patru de mastic bituminos, dispuse continuu sub pardoseli şi pereţi precum şi pe suprafeţele exterioare aflate în contact cu pămîntul.

Straturile verticale de hidroizolare a construcţiilor împiedică umezirea cu apa provenită din exterior, însă nu permit respiraţia naturală a pereţilor; din această cauză, vaporii de apă care rezultă din procesul funcţional din cadrul încăperilor nu pot fi eliminaţi prin pereţi, fiind treptat acumulaţi în elementele de construcţie. Singurul proces care se poate opune acestei tendinţe este ventilarea naturală sau artificială a încăperilor. Vara ventilarea naturală nu poate avea loc deoarece aerul din încăperi este mai rece decît cel din exterior, existînd chiar condiţii favorabile pentru condens. Umezirea crescîndă a spaţiilor din

Fig. 10.8. Clădire cu subsol locuit, moduri complexe de combatere a umezirii progresive:

1 — hidroizolaţie orizontală şi verticală din două straturi de carton bitumat şi trei straturi de mastic bituminos; *2* — strat de protecţie a izolaţiei verticale; *3* — strat din pietriş pentru ruperea capilarităţii; *4* — strat suport al hidroizolaţiei orizontale; *5* — strat de protecţie a hidroizolaţiei orizontale şi pardoseala subsolului; *6* — zidărie mixtă din beton şi cărămidă; *7* — uşiţe de ventilare; *8* — radiator; *NA* — nivelul maxim al apelor subterane.

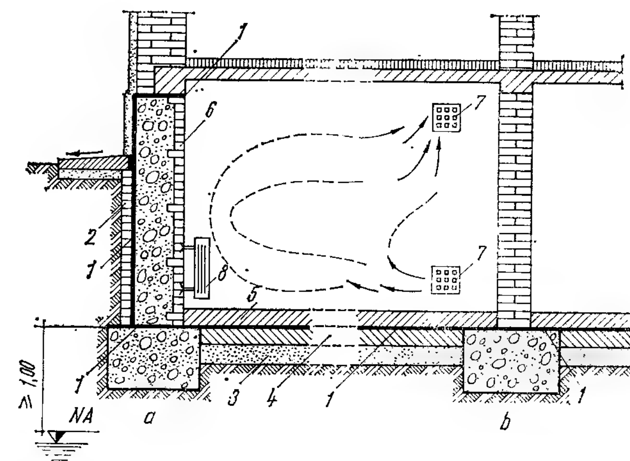
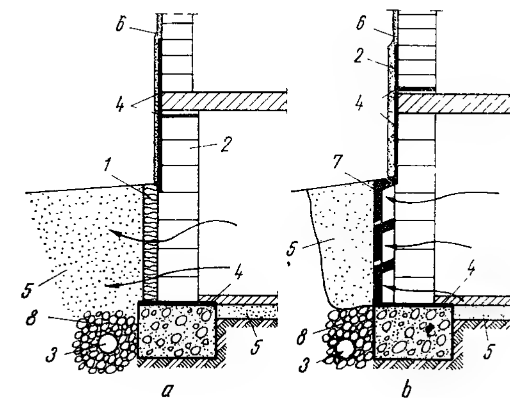


Fig. 10.9. Perete de subsol fără hidroizolaţie verticală pe înălţimea de pătrundere în teren:

a — soluţie de perete exterior termoizolat cu pîslă minerală semirigidă (Suedia); *b* — soluţie de perete exterior ventilat prin canale realizate din elemente prefabricate (R. D. Germană); *1* — termoizolaţie din pîslă minerală semirigidă; *2* — perete exterior din zidărie de BCA *3* — tub drenant; *4* — hidroizolaţie orizontală şi verticală din materiale bituminoase; *5* — pietriş; *6* — tencuială rezistentă la îngheţ-dezgheţ; *7* — elemente prefabricate pentru canalele de ventilare; *8* — piatră spartă.



subsoluri cauzată de condiţiile defavorabile de eliminare a vaporilor de apă prin difuzie şi ventilare, creează impresia că există infiltraţii din cauza izolaţiilor hidrofuge defectuoase. Îmbunătăţiri ale condiţiilor de umiditate în spaţiile din subsoluri se obţin prin: reducerea cantităţii de vapori degajată în încăpere, activarea ventilării şi încălzirii iarna, prelungirea timpului de încălzire toamna şi primăvara (fig. 10.8).

Atunci cînd terenul este filtrant (pietriş, nisip grăunţos) şi deci nu reţine apa, asigurarea unei protecţii bune contra apelor din umiditatea pămîntului este posibilă şi fără hidroizolaţii verticale. În acest caz, pereţii care trebuie să fie permeabili la vapori, se îmbracă la exterior cu materiale termoizolante ce drenează apa, de exemplu cu plăci de pîslă minerală semirigidă (fig. 10.9), iar încălzirea interioară trebuie să fie eficientă, pentru ca fluxurile de căldură şi difuzie să fie permanent orientate spre exterior. Soluţii de acest fel se aplică în ţările nordice [40].

10.4.3. HIDROIZOLAŢII ÎMPOTRIVA APELOR FĂRĂ PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Aceste hidroizolaţii se realizează ca o barieră neîntreruptă pe pereţii exteriori, pe sub pardoseli (radier) şi sub pereţi. În terenuri loessoide, viteza de infiltrare

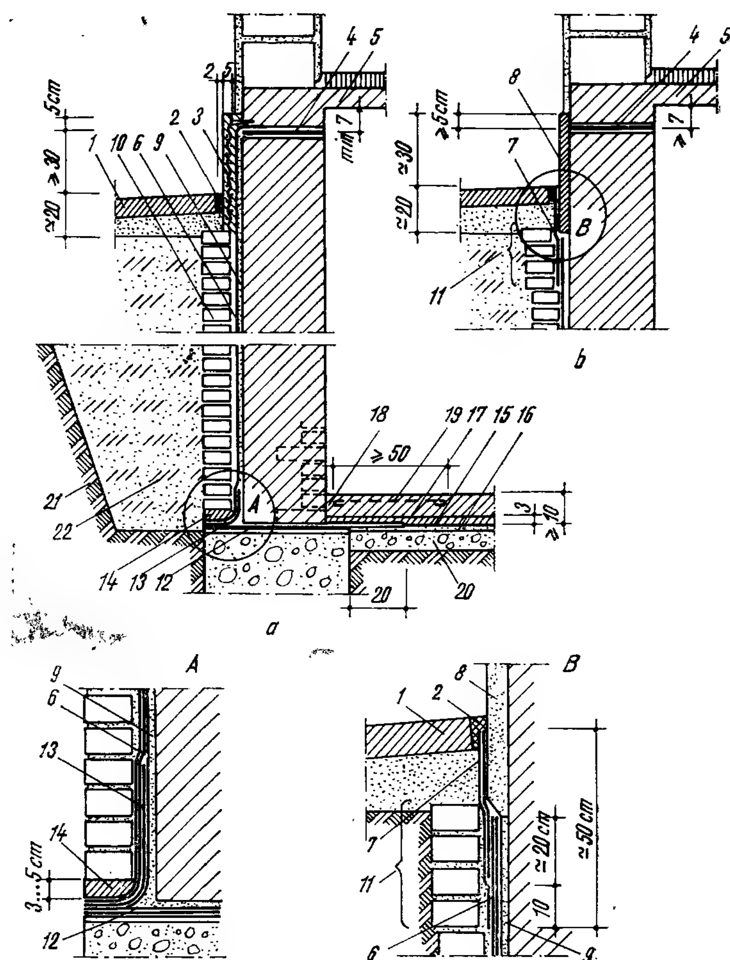


Fig. 10.10. Hidroizolație verticală aplicată de peretele de rezistență :

a — soclu izolat cu materiale bituminoase; *b* — soclu izolat cu tencuială impermeabilă; *1* — trotuar; *2* — rost umplut cu mastic bituminos; *3* — protecția hidroizolației soclului cu mortar M 100 armat cu plasă de rabiț; *4* — hidroizolație orizontală din două straturi de carton bitumat; *5* — planșeu din beton armat peste subsol; *6* — hidroizolație verticală bituminoasă; *7* — carton bitumat de 50 cm lățime pentru racordarea hidroizolației verticale cu soclul din tencuială impermeabilă; *8* — tencuială impermeabilă la soclu; *9* — strat suport al hidroizolației verticale realizat din mortar M 100; *10* — perete de protecție; *11* — cărămizi care se desfac pentru executarea recordării și apoi se rezidesc; *12* — hidroizolație orizontală bituminoasă; *13* — fișie suplimentară din carton sau pînză bitumată de 50 cm lățime pentu întărirea racordării; *14* — mortar pentru protecția hidroizolației la racordare; *15* — hidroizolație orizontală la pardoseala subsolului; *16* — strat suport din mortar M 100; *17* — strat de protecție a hidroizolației realizat din mortar M 50; *18* — pardoseală de beton; *19* — armare locală suplimentară a pardoselii peste rostul de margine; *20* — beton de egalizare; *21* — pămînt cu permeabilitate mare; *22* — umplutură compactată.

a apelor fiind mare, hidroizolația contra apelor fără presiune hidrostatică comportă un strat de pînză bitumată, două de carton bitumat și patru de mastic bituminos aplicat la cald; în terenuri argiloase, în care se pot crea mai ușor pungi de acumulare, se prevăd două straturi de pînză, unul de carton și patru de mastic. În figurile 10.10 și 10.11 se prezintă două alcătuiri tip de protecții

contra apelor fără presiune hidrostatică diferențiate prin modul de dispunere a hidroizolației verticale: pe zidărie de rezistență sau pe zidărie de protecție exterioară, în raport cu procedeul de execuție care se adoptă (lucrînd de la interior spre exterior sau invers).

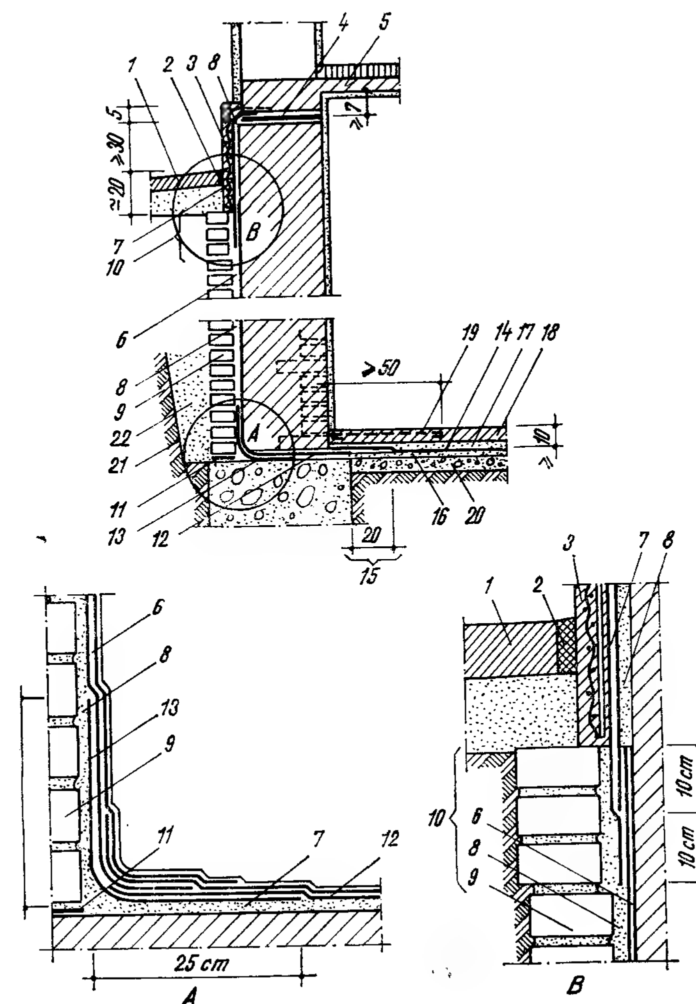


Fig. 10.11. Hidroizolație aplicată pe peretele exterior de protecție :

1 — trotuar; *2* — rost umplut cu mastic bituminos; *3* — protecția hidroizolației soclului cu mortar M 100, armat cu plasă de rabiț; *4* — hidroizolație orizontală; *5* — planșeu; *6* — hidroizolație verticală; *7* — hidroizolație verticală continuată pe soclu; *8* — strat suport al hidroizolației verticale realizat din mortar M 100; *9* — perete de protecție; *10* — cărămizi care se desfac și se rezidesc după executarea racordării hidroizolațiilor; *11* — fișie de carton bitumat; *12* — hidroizolație orizontală; *13* — fișie suplimentară de carton sau pînză bitumată pentru întărirea hidroizolației la scafă; *14* — hidroizolație orizontală sub pardoseală; *15* — porțiunea hidroizolației orizontale care nu se lipește de stratul suport; *16* — strat suport al hidroizolației orizontale realizat din mortar M 100; *17* — protecția hidroizolației orizontale cu mortar M 50; *18* — pardoseală din beton; *19* — armare locală a betonului din pardoseală; *20* — beton de egalizare; *21* — pămînt cu permeabilitate mare; *22* — umplutură compactată.

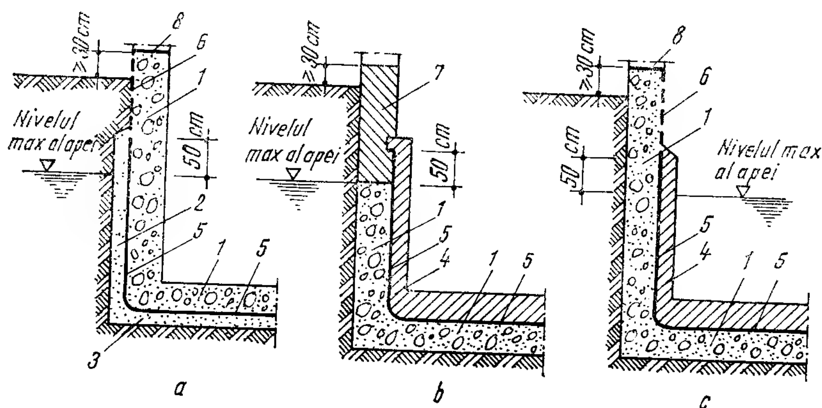


Fig. 10.12. Scheme de principiu pentru hidroizolații împotriva apelor cu presiune:

a — hidroizolație dispusă la exterior; *b*; *c* — hidroizolație dispusă la interior; *1* — structura de rezistență a clădirii; *2* — protecția hidroizolației verticale dispusă la exterior; *3* — strat de egalizare sub hidroizolația orizontală; *4*. — cuvă interioară; *5* — hidroizolație împotriva apelor cu presiune hidrostatică realizată din straturi de pînză și mastic bituminos; *6* — hidroizolație împotriva apelor fără presiune hidrostatică; *7* — beton compact; *8* — hidroizolație orizontală din carton bitumat în mai multe straturi.

10.4.4. HIDROIZOLAȚII ÎMPOTRIVA INFILTRĂRII APELOR CU PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Aceste hidroizolații se realizează pentru fundațiile și subsolurile aflate sub nivelul maxim al pînzei apelor freatice sau atunci cînd există condiții de acumulare a apei lîngă construcție. Apa exercită în acest caz o presiune distribuită normală pe suprafața hidroizolației și proporțională cu adîncimea situată în apă a punctului considerat.

În această situație trebuie respectate următoarele principii:

— hidroizolația se dispune continuu pe toată suprafața expusă infiltrațiilor și cu cel puțin 50 cm peste nivelul maxim al apelor freatice, formînd astfel o cuvă etanșă la exterior și numai în mod excepțional la interior (fig. 10.12);

— presiunea exercitată de apă asupra hidroizolației și transmisă de aceasta suportului său trebuie echilibrată (fig. 10.13) sau preluată de către structura de rezistență a clădirii, respectiv de către radier și pereți (fig. 10.14).

Hidroizolațiile contra apelor cu presiune se proiectează din 3...6 rînduri de pînză bitumată protejată cu un strat de carton bitumat lipit cu mastic bituminos. Numărul straturilor de pînză se adoptă conform tabelului 10.1, în funcție de înălțimea coloanei de apă și de presiunea exercitată de construcție, reținînd pe cel maxim. Protecția hidroizolației verticale se asigură cu cel puțin 5 cm de beton B 100.

În cazul amplasării hidroizolațiilor la exterior, clădirea se fundează pe radier general, astfel ca presiunea pe teren și tasările să fie relativ uniforme (fig. 10.15). Fundațiile denivelate se racordează cu pante înclinate, evitîndu-se pe cît posibil treptele (fig. 10.16). Intrîndurile și ieșindurile pereților se evită pe cît posibil, astfel încît presiunea pămîntului asupra hidroizolației verticale să fie asigurată permanent la valoarea de cel puțin 0,1 daN/cm² (fig. 10.17). Atunci cînd presiunea pămîntului nu satisface această condiție din cauza unei construcții alăturate sau din cauză că săpăturile necesare ar fi neeconomice, se execută protecții

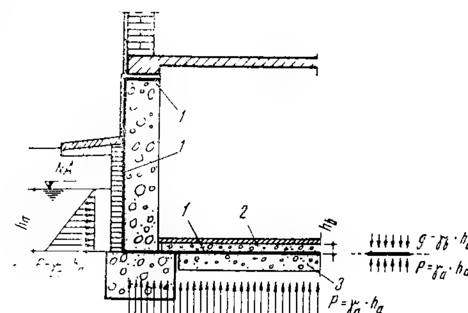


Fig. 10.13. Hidroizolarea unei construcții cu subsol cînd nivelul apei depășește cota pardoselii subsolului (schemă de principiu):

1 — hidroizolație verticală și orizontală continuă din mai multe straturi de pînză bitumată și mastic bituminos; *2* — strat de beton sau din pietriș pentru echilibrarea subpresiunii apei; *3* — beton de egalizare.

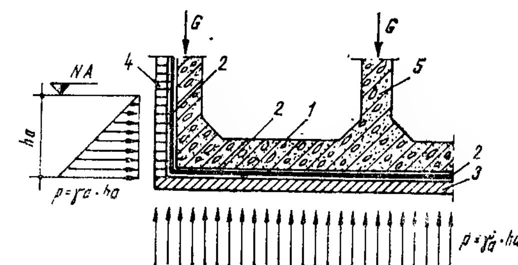


Fig. 10.14. Hidroizolații contra apelor sub presiune la care presiunea hidrostatică a apei este preluată de structura de rezistență a clădirii.

1 — radier din beton armat; *2* — hidroizolație continuă; *3* — beton de egalizare; *4* — strat de protecție a hidroizolației verticale; *5* — diafragmă verticală din beton armat monolit.

Tabelul 10.1

Înălțimea coloanei de apă peste nivelul inferior al hidroizolației, m	Presiune exercitată de construcție, daN/cm²	Numărul straturilor de pînză bitumată tip *A*.55 sau *A*.45
3	0,5	3
3... 6	0,5...1,0	4
6...12	1,0...2,0	5
12	2,0...5,0	6

Observație:

Numărul de straturi rămîne constant pe toată înălțimea hidroizolației și 50 cm peste nivelul maxim al apei. În cazul cînd criteriile înălțimii coloanei de apă și cel al presiunii din construcție dau rezultate diferite, se consideră numărul maxim de straturi rezultat.

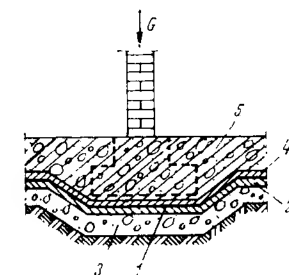


Fig. 10.15. Dispunerea hidroizolației orizontale continue în dreptul elementelor de rezistență care exercită acțiuni locale:

1 — hidroizolație orizontală; *2* — strat suport din mortar M 100; *3* — beton de egalizare; *4* — protecție la partea superioară a hidroizolației; *5* — radier general.

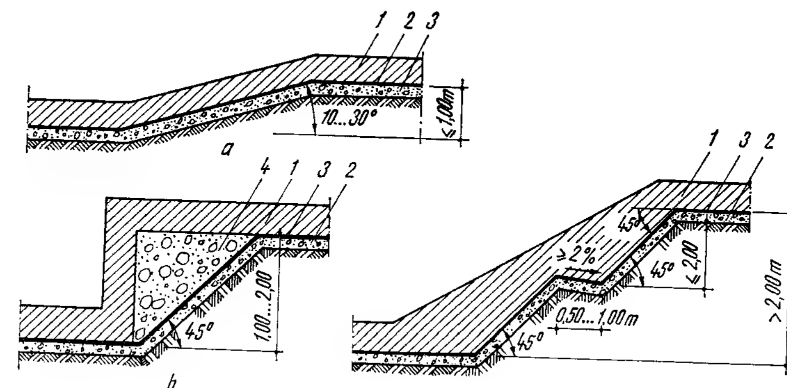


Fig. 10.16. Dispunerea hidroizolației orizontale la radiere cu denivelări:

a — denivelări pînă la 1 m; *b* — denivelări între 1 și 2 m; *c* — denivelări peste 2 m; *1* — radier; *2* — subradier, inclusiv stratul suport pentru hidroizolație; *3* — hidroizolație; *4* — beton slab de umplutură.

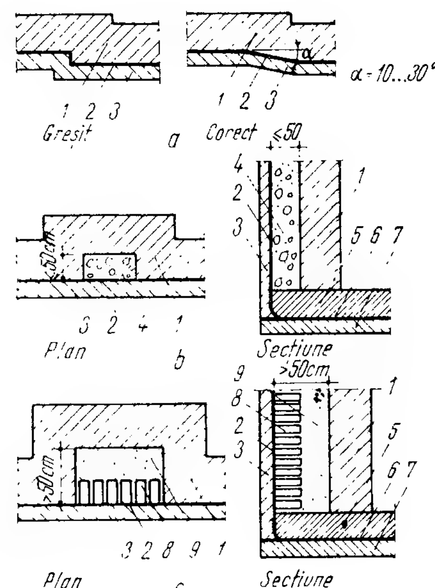


Fig. 10.17. Soluţii recomandate pentru presarea uniformă a hidroizolaţiei verticale pe pereţi datorată împingerii pămîntului :

a — la decalări pe orizontală a pereţilor ; *b* — la intrînduri mai mici de 50 cm ; *c* — la intrînduri mai mari de 50 cm ; *1* — perete de rezistenţă ; *2* — hidroizolaţie verticală ; *3* — perete de protecţie ; *4* — beton de umplutură ; *5* — radier ; *6* — hidroizolaţie orizontală ; *7* — strat de egalizare ; *8* — completare din cărămidă ; *9* — umplutură din pămînt compact sau nisip.

exterioare rigide în formă de cuvă ancorată de structura de rezistenţă (fig. 10.18). Racordarea hidroizolaţiei verticale cu cea orizontală se realizează conform detaliilor din figura 10.19.

În cazul hidroizolaţiilor aplicate la interiorul construcţiei, situaţie care apare cînd este necesară realizarea unei hidroizolaţii într-o clădire construită anterior,

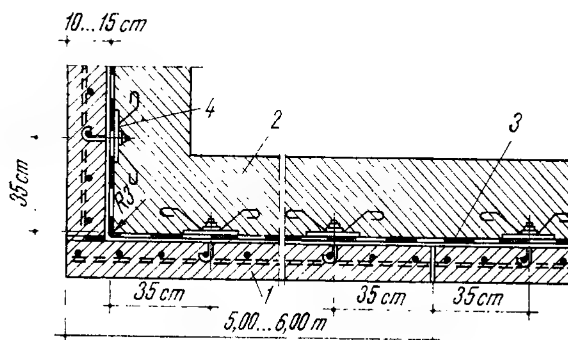


Fig. 10.18. Asigurarea presării hidroizolaţiei prin ancoraje :

1 — cuvă exterioară rigidă ; *2* — structură de rezistenţă (peretele clădirii) ; *3* — hidroizolaţie verticală ; *4* — ancoră cu flanşă metalică circulară.

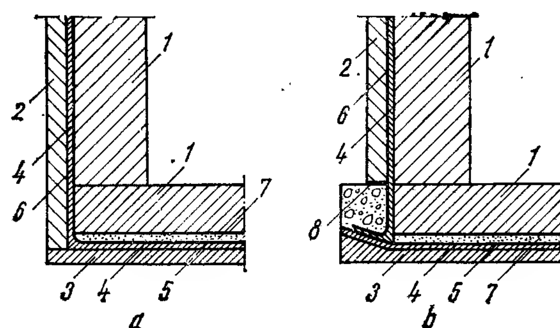


Fig. 10.19. Scheme de racordare a hidroizolaţiei împotriva apelor cu presiune :

a — sistem de racordare interioară (sistem de cuvă) ; *b* — sistem de racordare exterioară ; *1* — elemente de rezistenţă ; *2* — element exterior de protecţie a hidroizolaţiei verticale ; *3* — subradier ; *4* — strat suport al hidroizolaţiei din mortar M 100 ; *5* — hidroizolaţie orizontală ; *6* — hidroizolaţie verticală ; *7* — strat de protecţie a hidroizolaţiei orizontale din mortar M 50 de 2...3 cm grosime sau de 4 cm din beton B 100 ; *8* — strat de carton bitumat lipit cu bitum.

se recomandă ca protecţia interioară să fie executată din beton armat şi să fie bine legată de structura de rezistenţă a clădirii.

Hidroizolaţiile împotriva apelor cu presiune sînt lucrări dificile şi costisitoare. De aceea, execuţia lor se încredinţează numai întreprinderilor specializate şi se limitează la cazurile strict necesare, eventual numai pe porţiuni de clădiri.

10.4.5. DETALII CONSTRUCTIVE PENTRU HIDROIZOLAREA ROSTURILOR, STRĂPUNGERILOR DE CONDUCTE, PENTRU RACORDĂRI ŞI PROTECŢII

Lucrările de hidroizolaţii necesită detalii bine alcătuite pentru rosturi, străpungeri la treceri de conducte, racordări, protecţii etc. Proiectarea acestor detalii se face ţinînd seama dacă apa exercită presiune sau nu, de felul cum este dispusă hidroizolaţia verticală (pe faţa exterioară a elementului vertical de rezistenţă a construcţiei sau pe faţa interioară a peretelui de protecţie a hidroizolaţiei), precum şi de aspectele specifice ale tehnologiei de execuţie.

La stabilirea soluţiilor constructive pentru rosturi se are în vedere intensitatea solicitărilor posibile (fig. 10.20 şi 10.21) ca urmare a tasărilor diferenţiate ale părţilor respective de clădire şi a presiunii hidrostatice locale.

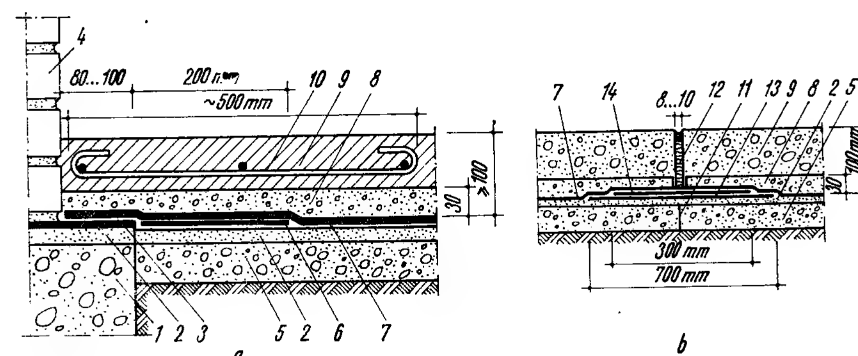


Fig. 10.20. Realizarea hidroizolaţiilor la rosturi cu solicitări reduse :

a — la rostul dintre perete şi pardoseală ; *b* — la rostul din pardoseală ; *1* — fundaţie ; *2* — strat suport din mortar M 100 ; *3* — hidroizolaţie orizontală la pereţi ; *4* — perete de rezistenţă ; *5* — beton de egalizare ; *6* — fîşie de carton ; *7* — hidroizolaţie orizontală la pardoseală ; *8* — strat de protecţie a hidroizolaţiei orizontale din mortar M 50 ; *9* — pardoseală din beton ; *10* — armare locală a pardoselii deasupra rostului ; *11* — rost vertical în betonul de egalizare ; *12* — rost vertical în pardoseală, umplut cu cîlţi bitumaţi şi mastic bituminos ; *13* — fîşie de pînză bitumată nelipită în dreptul rostului ; *14* — bandă din tablă de plumb.

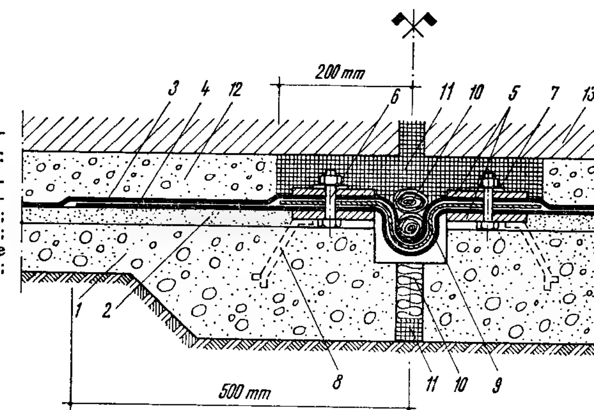


Fig. 10.21. Alcătuirea unui rost susceptibil de a prelua solicitări mari :

1 — subradier ; *2* — strat suport al hidroizolaţiei ; *3* — hidroizolaţie orizontală ; *4* — strat suport de pînză bitumată ; *5* — bandă din tablă ; *6* — bulon ; *7* — şaibă de plumb ; *8* — ancoraj ; *9* — liră din tablă de plumb ; *10* — cîlţi sau funie bitumată ; *11* — mastic de bitum ; *12* — mortar M 50 ; *13* — radier.

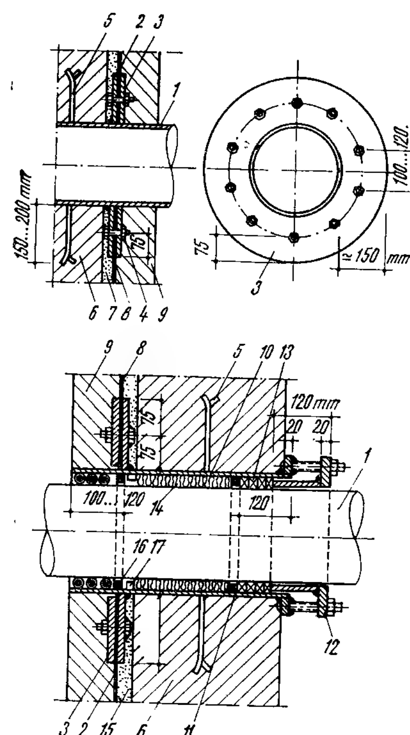


Fig. 10.22. Detalii pentru străpungeri la treceri de conducte sub nivelul terenului, în zona apei freatice:

a — străpungere rigidă; *b* — străpungere cu fixare elastică; *1* — element de străpungere; *2* — flanşă de oţel sudată etanş pe conductă; *3* — flanşă mobilă; *4* — buloane de strîngere; *5* — praznuri de ancorare; *6* — perete; *7* — strat suport al hidroizolaţiei; *8* — hidroizolaţie; *9* — strat de protecţie; *10* — manşon metalic; *11* — inel sudat la interiorul manşonului; *12* — bucşă de presiune; *13* — garnitură de etanşare din material elastic (cauciuc, azbest, cîlţi bitumaţi); *14* — şnur de azbest; *15* — mortar M 100; *16* — ştift sudat; *17* — inel metalic mobil.

Străpungerile prin pereţi şi fundaţii necesită o atenţie specială la realizarea hidroizolaţiilor, deoarece pot constitui puncte de infiltraţii. Pentru a evita pătrunderea apei în aceste zone se iau măsuri de etanşare cu flanşe metalice fixe şi mobile care protejează hidroizolaţia din jurul conductei ce străpunge elementul de construcţie (fig. 10.22).

Un punct important îl reprezintă zonele de racordare între porţiunile verticale şi cele orizontale ale hidroizolaţiilor; în figurile 10.23, 10.24, 10.25 şi 10.26 se prezintă detaliile constructive pentru aceste zone de racordare. Se observă că rezolvările constructive au particularităţi diferite ţinînd seama de modul de aplicare a hidroizolaţiei de la exterior spre interior sau invers şi de ordinea operaţiunilor din procesul tehnologic adoptat.

Protecţia hidroizolaţiilor se poate prevedea sub diverse forme, urmărind nu numai presarea şi apărarea acesteia în timpul exploatării împotriva unor solicitări neuniforme sau cu valori peste cele admisibile, ci şi împiedicarea degradării straturilor în timpul fazelor succesive ale executării lucrărilor; astfel:

— hidroizolaţiile orizontale de sub pardoseli se acoperă cu un strat de mortar de ciment M 50 de 3 cm grosime, peste care se aşază pardoseala propriu-zisă prevăzută cu rosturi şi separată de stratul de protecţie printr-o foaie de carton bitumat. Atunci cînd hidroizolaţia orizontală este dispusă sub un radier, deteriorarea ei în timpul lucrărilor de montare a armăturilor superioare se împiedică

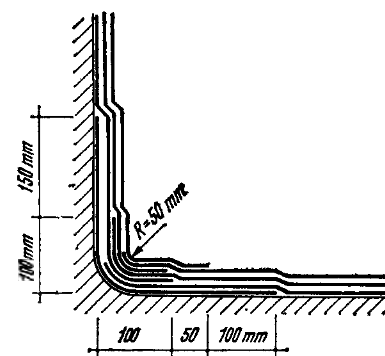


Fig. 10.23. Întărirea şi racordarea hidroizolaţiilor la scafe orizontale.

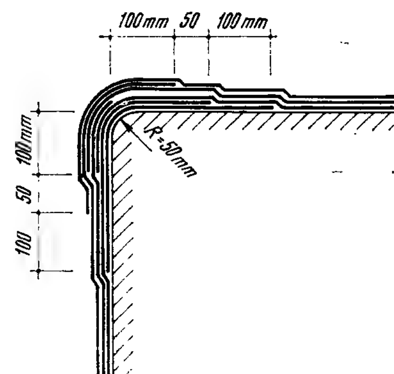


Fig. 10.24. Întărirea şi racordarea hidroizolaţiilor la muchii verticale (secţiune orizontală).

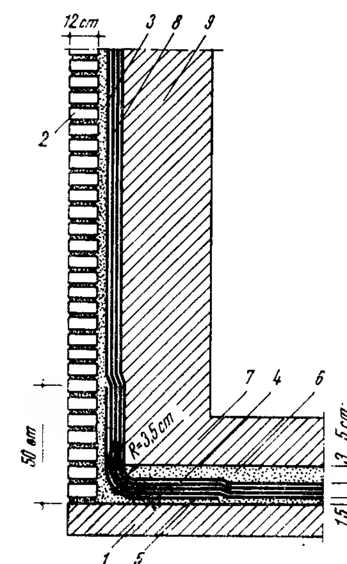


Fig. 10.25. Executarea racordării interioare (cuva) între hidroizolaţia orizontală şi cea verticală aplicată pe peretele de protecţie:

1 — beton de egalizare (subradier); *2* — peretele de protecţie, executat din cărămidă cu mortar de ciment; *3* — strat suport al hidroizolaţiei, din mortar M 100; *4* — hidroizolaţie orizontală; *5* — fîşie suplimentară din pînză bitumată; *6* — strat de protecţie din mortar M 50 sau beton B 100; *7* — radier; *8* — hidroizolaţie verticală; *9* — perete de rezistenţă.

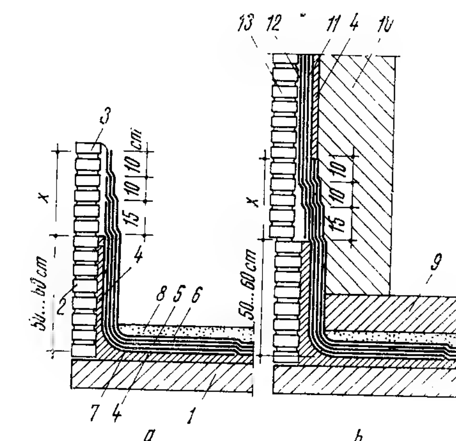


Fig. 10.26. Executarea racordării interioare (cuva) între hidroizolaţia orizontală şi cea verticală aplicată pe peretele de rezistenţă:

a — etapa I de execuţie; *b* — etapa a II-a de execuţie; *1* — beton de egalizare (subradier); *2* — porţiune din peretele de protecţie, executată definitiv în etapa I; *3* — porţiune din peretele de protecţie, executată provizoriu în etapa I; *4* — strat suport al hidroizolaţiei din mortar M 100; *5* — hidroizolaţie orizontală; *6* — strat de carton bitumat al hidroizolaţiei orizontale cu rol de protecţie; *7* — fîşie suplimentară de pînză bitumată de cel puţin 1 m lăţime; *8* — strat de protecţie din mortar M 50 sau din beton B 100; *9* — radier; *10* — perete de rezistenţă; *11* — hidroizolaţie verticală; *12* — strat de carton bitumat cu rol de protecţie; *13* — perete de protecţie executat în etapa a II-a; $x = (0,1\,n + 0,5\text{ m})$ în care n este numărul de straturi ale hidroizolaţiei.

prin aşternerea unui strat de mortar M 50 de 3 cm grosime sau a unui beton B 100 de 4...5 cm grosime;

— hidroizolaţiile verticale se pot proteja cu pereţi de zidărie de cărămidă de 12,5 cm grosime zidită cu mortar de ciment, sau cu pereţi de beton armat de 8...10 cm grosime.

Pentru asigurarea stabilităţii peretelui de protecţie şi pentru presarea continuă a hidroizolaţiei pe stratul suport, în funcţie de modul de dispunere a hidroizolaţiei (pe peretele suport sau pe peretele de protecţie), se iau următoarele măsuri:

— cînd peretele de protecţie serveşte şi ca suport pe care se dispune la început hidroizolaţia, stabilitatea sa se asigură, dacă este din zidărie, cu ranforţi de 25 cm grosime la 2,5 m distanţă, fără rosturi, iar dacă este din beton armat se prevăd dispozitive de ancorare (v. fig. 10.18);

— cînd hidroizolaţia se aplică pe elementul vertical de rezistenţă al clădirii (peretele subsolului), zidăria de protecţie nu trebuie consolidată, însă este necesar să fie prevăzută cu rosturi verticale realizate cu fîşii de carton bitumat dispuse la 5 m distanţă unele de altele. În acest fel se asigură mobilitatea panouri-

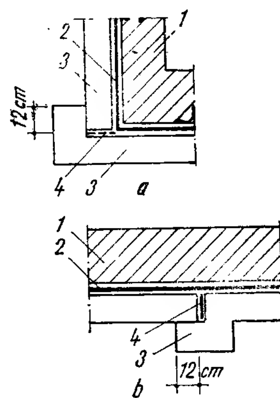


Fig. 10.27. Detalii de realizare a rosturilor în peretele de protecție:

a — la colț; *b* — în cîmp curent; *1* — perete de rezistență; *2* — hidroizolație; *3* — perete de protecție; *4* — rost vertical realizat cu fișie de carton bitumat.

lor de protecție, necesară pentru a le permite să presezee hidroizolația atunci cînd se umple cu pămînt spațiul liber pînă la marginea săpăturii (fig. 10.27).

10.5. COMBATEREA IGRASIEI LA CLĂDIRILE ÎN EXPLOATARE

Igrasia este rezultatul unei umeziri persistente a construcțiilor. Măsurile de remediere pot fi stabilite numai după ce au fost determinate cauzele fenomenului, care pot fi numeroase: lipsa hidroizolației (la clădirile vechi), hidroizolații defectuoase ori avariate, apariția unor surse de apă care nu au fost considerate de proiectant (canalizări defecte, rețele de apă degradate, creșterea nivelului apelor freatice), fenomene de condens etc. Adesea igrasia apare în mod surprinzător după efectuarea unor reparații capitale prin care s-au modificat condițiile inițiale de scurgere a apelor meteorice și de uscare prin ventilare sau ca urmare a modificării destinației încăperilor (amenajarea unor spălătorii, garaje etc.). Aproape întotdeauna cauzele igrasiei sînt dificil de stabilit, trebuind să se recurgă la măsurarea umidității elementelor de construcție, recoltînd probe din numeroase puncte un timp mai îndelungat. Se ajunge astfel la cunoașterea cîmpului de umiditate, ceea ce oferă date importante pentru identificarea cauzelor de umezire.

Metoda cea mai sigură pentru înlăturarea infiltrațiilor la partea inferioară a unei construcții vechi o constituie crearea unei noi hidroizolații orizontale, iar dacă există demisol, și a uneia verticale. Aceasta este o lucrare dificilă care se realizează prin subzidire executîndu-se găuri distanțate imediat deasupra nivelului unde trebuie așezată noua izolație (fig. 10.28). După introducerea straturilor necesare (mortar suport, foi bitumate lipite cu mastic de bitum, mortar de protecție) se completează peretele cu beton sau zidărie și se procedează

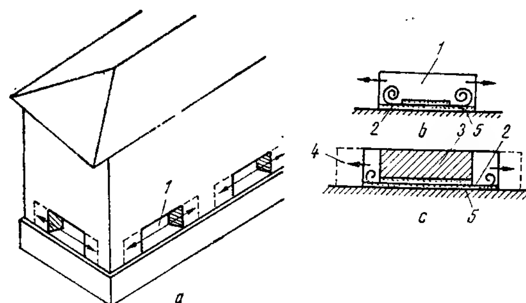


Fig. 10.28 Subzidire pentru crearea de hidroizolații orizontale: *a* — vedere generală a clădirii; *b* — prima etapă; *c* — etapa a doua;

1 — golul creat inițial; *2* — straturi de carton bitumat și bitum; *3* — zidărie refăcută; *4* — extinderea găurii; *5* — mortar de egalizare.

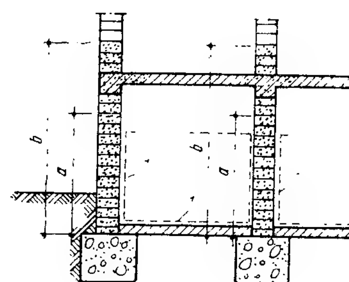


Fig. 10.29. Executarea unor îmbrăcăminți interioare impermeabile la o construcție cu igrasie:

1 — îmbrăcăminte impermeabilă; *a* — înălțimea zonei cuprinsă de igrasie înainte de executarea îmbrăcăminții impermeabile; *b* — înălțimea zonei de igrasie după executarea îmbrăcăminții impermeabile.

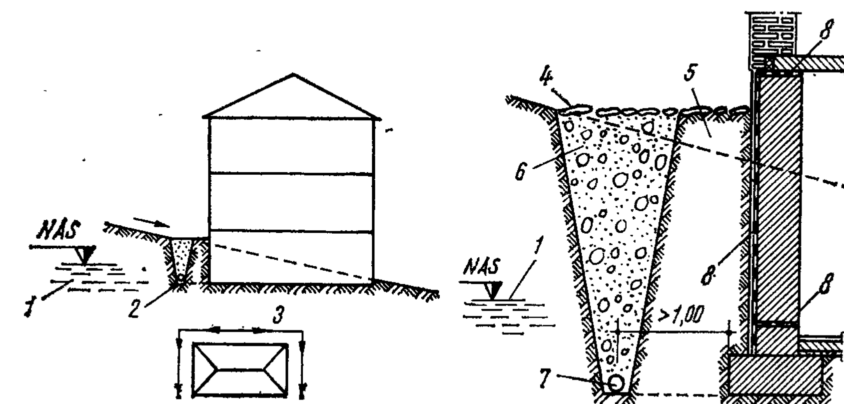


Fig. 10.30. Protecția clădirilor împotriva umezirii prin drenuri dispuse în amonte:

1 — pînză de apă freatică; *2* — dren; *3* — latură de interceptare; *4* — pavaj carosabil cu rosturi permeabile la apă; *5* — argilă bătută; *6* — umplutură din pietriș sau din pămînt permeabil; *7* — tub drenant *8* — hidroizolație.

la extinderea laterală a lucrării. Subzidirile se execută cu deosebită atenție pentru a evita avarierea structurii de rezistență a construcțiilor.

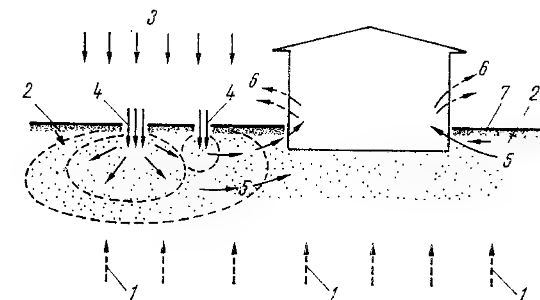
Dificultatea cu care se realizează subzidirile a fost un impuls pentru căutarea de noi procedee de combatere a igrasiei la clădirile vechi. În literatura tehnică sînt prezentate metode de electrodrenare pasivă și activă ce fac obiectul a numeroase brevete, însă pînă în prezent rezultatele obținute nu sînt concludente.

Măsura de a impermeabiliza, prin vopsitorii sau placaje, suprafața interioară a pereților din încăperile umede (fig. 10.29) este contraindicată, deoarece în acest mod se împiedică evaporarea și în consecință, înălțimea umezită prin ascensiune capilară crește. În mod excepțional se poate recurge la dublarea pereților interiori cu o zidărie nouă, prevăzută cu hidroizolație obișnuită.

Întotdeauna este util să se ia măsuri de îndepărtare a apelor de lîngă clădire, executînd pante de scurgere, drenuri și trotuare (fig. 10.30). Acoperirea cu beton sau asfalt a unor suprafețe mari în jurul clădirii are efecte defavorabile, deoarece împiedicînd trecerea vaporilor de apă din teren în atmosferă, aceste îmbrăcăminți determină creșterea umidității pămîntului de lîngă clădire prin condensarea vaporilor acumulați. Din această cauză nivelul ascensiunii capilare crește an de an, depășind pe cel constant inițial. Se mai adaugă faptul că în timpul ploilor, apa adunată pe asfalt sau beton găsește posibilitatea de a se infiltra în pămînt

Fig. 10.31. Circulația apei în cazul unor suprafețe de teren asfaltate:

1 — apă din pînza freatică migrînd către suprafață; *2* — zone de acumulare din condens iarna și în nopțile reci; *3* — ape meteorice; *4* — discontinuități în îmbrăcămintea terenului prin care se infiltrează apa; *5* — migrația capilară a apei acumulate din condens și infiltrații de la pămînt la construcție; *6* — revenirea apei în atmosferă prin clădire; *7* — îmbrăcăminte impermeabilă (beton, asfalt).



prin fisuri, găuri sau prin porţiunile neacoperite lăsate pentru plantaţii. Acest proces se desfăşoară rapid, însă uscarea se face prin evaporare, cu viteză mică, fiind practic neglijabilă în zonele menţionate. Treptat apa se acumulează în pămînt printr-un fenomen de *puşculiţă* (fig. 10.31) şi tinde să ajungă din nou în atmosferă trecînd prin clădire. Efectele fenomenelor de condens şi infiltrare se suprapun şi în consecinţă, este recomandabil ca trotuarele de lîngă clădirile vechi să fie dispuse pe un substrat permeabil fără a fi continuate cu suprafeţe asfaltate ori betonate. Pavajele de piatră sînt mai favorabile dar trebuie realizate numai pe benzile circulate. Plantaţiile reduc cantitatea de apă ce ajunge la suprafaţa pămîntului şi extrag apă prin rădăcini dar nu trebuie să umbrească pereţii, pentru a nu încetini uscarea lor.

Capitolul 11

PEREŢI

11.1. DEFINIRE. SCURT ISTORIC. CLASIFICARE

Pereţii sînt elementele verticale de rezistenţă ale clădirii, de obicei, sub formă de suprafeţe plane, care au totodată rol de separare a mediului interior de cel exterior, *pereţi exteriori* şi de compartimentare în plan orizontal a spaţiului interior, *pereţi interiori*. *Pereţii portanţi, de rezistenţă* preiau încărcările verticale, gravitaţionale transmise de planşee, asigurînd scurgerea acestor forţe prin structură la infrastructură şi apoi în continuare la terenul de fundaţie. Pereţii de rezistenţă pot prelua şi încărcări orizontale (vînt, seism), pe care le transportă la infrastructură şi în continuare la terenul de fundaţie, cînd lucrează ca *pereţi de contravîntuire*. Pot exista uneori pereţi cu funcţii distincte, fie ca pereţi portanţi care preiau numai încărcările verticale (fig. 11.1), fie ca pereţi de contravîntuire care suportă numai încărcările laterale, orizontale. *Pereţii purtaţi* (fig. 11.2) reazemă pe alte elemente structurale (planşeu, grinzi), care transmit încărcările acestora prin structură la fundaţii. În cadrul pereţilor purtaţi se pot deosebi *pereţi despărţitori*, *interiori* şi *pereţi de faţadă*, *exteriori*, care sînt pereţi de umplutură între stîlpii scheletului de rezistenţă, executaţi în prezent mai ales ca *panouri de faţadă* sau ca *pereţi cortină*, amplasaţi în faţa structurii de rezistenţă pe care o maschează. Pereţii interiori despărţitori pot fi pereţi purtaţi direct de planşeu sau pereţi de umplutură între stîlpii scheletului de rezistenţă, rezemînd pe riglele acestuia.

Materialele naturale au fost primele materiale folosite pentru realizarea pereţilor, executaţi prin procese de *turnare* (pereţi din argilă), prin procese de *aşezare prin zidire* (pereţi din zidărie de piatră brută sau blocuri de argilă) şi prin procese de *montare* (pereţi din bîrne aşezate orizontal sau pereţi din schelet de lemn cu umplutură de lemn, zidărie etc.). S-a preferat pentru realizarea pereţilor, zidăria din piatră uşoară (calcar cochilifer, tuf uşor, roci sedimentare etc.), care prezintă calităţi termoizolante favorabile.

Se disting, astfel, încă din primele începuturi ale construcţiilor două categorii de structuri : cu pereţi portanţi care au cea mai largă utilizare şi cu schelet de rezistenţă din lemn folosite, de exemplu, la clădirile din Roma antică.

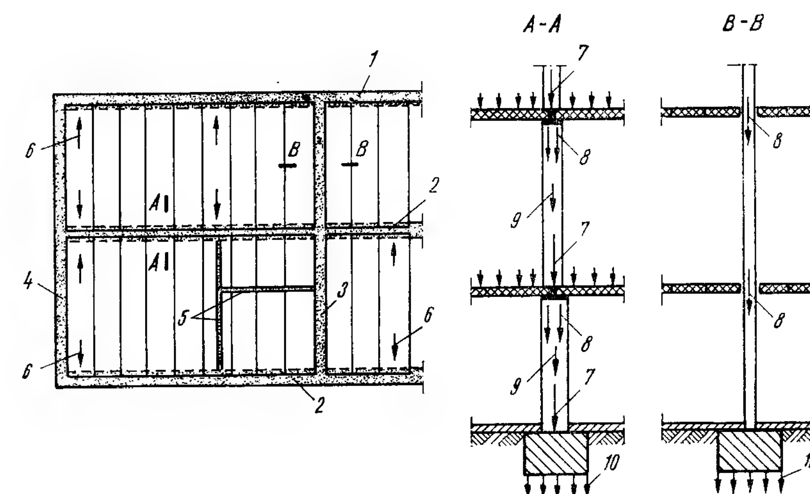


Fig. 11.1. Tipuri de pereţi :

1 — perete portant, exterior ; *2* — perete portant, interior ; *3* — perete autoportant, interior ; *3* — perete autoportant, interior ; *4* — perete autoportant, exterior ; *5* — perete purtat ; *6* — direcţia de descărcare a fîşiilor de planşeu pe pereţii portanţi ; *7* — încărcarea provenită de la nivelurile superioare ; *8* — încărcarea de nivel adusă de planşeu ; *9* — greutatea proprie a peretelui pe înălţimea unui nivel ; *10* — încărcări transmise la terenul de fundaţie.

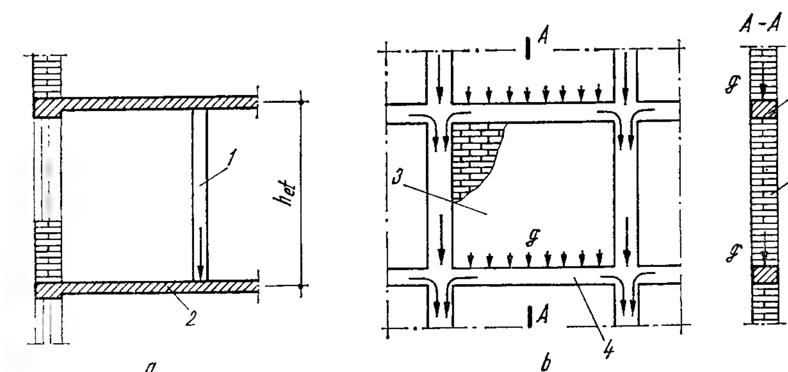


Fig. 11.2. Tipuri de pereţi purtaţi :

a — despărţitori, suportaţi de planşeu ; *b* — de umplutură, suportaţi de rigla cadrului ; *1* — perete despărţitor ; *2* — planşeu ; *3* — perete de umplutură ; *4* — rigla cadrului.

Odată cu folosirea zidăriilor din piatră cioplită şi din produse ceramice arse (cărămidă) apar noi tipuri de pereţi din zidărie pentru structurile de rezistenţă ale clădirilor. Pereţii primelor construcţii de zidărie din antichitate erau masivi, fără goluri. Tendinţele de umanizare ale arhitecturii, manifestate mai ales la constructorii romani şi bizantini, au determinat necesitatea şi folosirea unor încăperi cu confort (iluminare, ventilare), ceea ce a condus la practicarea de goluri în pereţi, la început de dimensiuni mici.

O reducere a masivităţii pereţilor s-a obţinut prin adoptarea sistemelor constructive rigide cu pereţi portanţi transversali şi longitudinali, la care rezemarea planşeelor masive din zidărie sub formă de bolţi, pe două şi patru laturi, conduce la o schemă statică mai judicioasă.

Concepţia de alcătuire a pereţilor se dezvoltă în perioada gotică, cînd în cazul clădirilor cu deschideri mari (catedrale, săli publice etc.), structura peretelui cuprinde elemente speciale de rezistenţă şi contravîntuire: pilaştri, contraforturi şi eventual arce-butant, care preiau împingerile tavanelor boltite şi le transmit terenului de fundaţie (v. fig. 7.3, *e*, *f*).

Grosimea şi masivitatea pereţilor s-a redus, în special la clădirile de locuit, prin utilizarea de pietre de zidărie uşoare, eficiente termic şi prin folosirea de planşee din lemn, mai tîrziu a celor metalice şi mai ales prin utilizarea planşeelor din beton armat, care nu dau împingeri laterale.

În ultimele decenii s-au introdus pereţii din beton armat turnat monolit, sub formă de diafragme, care au grosimi reduse şi se pot folosi la clădiri înalte cu multe niveluri. O largă utilizare au căpătat, de asemenea, pereţii din elemente prefabricate (fişii, panouri mari, elemente spaţiale) de beton armat, îndeosebi sub formă de panouri mari portante, care se folosesc pentru clădiri cu 4...5 niveluri sau pentru clădiri cu 8...10 niveluri, amplasate în zone seismice.

Deci, pereţii se pot executa prin trei procese tehnologice principale: de aşezare sau de zidire, de turnare pe şantier sau prin montarea elementelor prefabricate. Aceste trei tipuri de pereţi permit realizarea de structuri avînd concepţii şi metode de calcul asemănătoare, dar care prezintă unele particularităţi în comportarea lor mecanică sub acţiunea eforturilor.

Pentru realizarea diferitelor tipuri de *pereţi din zidărie* se folosesc zidăriile descrise în capitolul 7, a căror comportare mecanică sub eforturi este prezentată în capitolul 8, care sintetizează mecanica zidăriilor.

Pereţii turnaţi monolit din beton armat, greu sau uşor, sub formă de diafragme, reprezintă în prezent principalul tip de perete realizat prin *turnare*, folosit din ce în ce mai mult. Concepţia, calculul şi alcătuirea constructivă a acestor pereţi respectă teoria betonului armat şi precomprimat. Ca pereţi turnaţi folosiţi în trecut se pot menţiona pereţii din pămînt natural cu adaos de argilă (10...15 %), sau de fibre organice, vegetale, iar în ultimul timp din pămînt stabilizat sau ameliorat (cu var, ciment, emulsii bituminoase).

Ca *pereţi* realizaţi *din elemente prefabricate* prin procese de *montare*, se pot menţiona la început pereţii din lemn (bîrne dispuse orizontal, fişii sau panouri din lemn), cu utilizări foarte restrînse astăzi. În prezent, sînt mult folosiţi pereţii din elemente prefabricate de beton armat şi uneori din beton precomprimat, sub formă de fişii, panouri mari şi în ultimul timp din elemente spaţiale, care asigură obţinerea unui grad sporit de industrializare a construcţiilor, cu indici tehnico-economici avantajoşi. Concepţia, calculul şi modul de alcătuire şi realizare a îmbinărilor dintre elementele prefabricate reprezintă o parte componentă, deosebit de importantă din teoria structurilor prefabricate din beton armat şi beton precomprimat.

11.2. CONDIŢII TEHNICE PENTRU PEREŢI

Funcţiunile pereţilor impun anumite condiţii tehnice (capitale, mecanice, fizico-igienice, estetice etc.) pentru diferitele tipuri de pereţi, în funcţie de rolul complex şi poziţia lor în clădire, mai ales pentru pereţii exteriori. O funcţiune principală a zidului exterior este apărarea interiorului construcţiei împotriva perturbaţiilor exterioare: ploi, ploi cu vînt, umiditate din ploi şi din ascensiunea capilară, variaţii de temperatură, zgomot, acţiuni mecanice, şocuri etc.

11.2.1. CONDIŢII CAPITALE

Condiţiile capitale de durabilitate, rezistenţă la foc etc. sînt mai importante pentru pereţii portanţi şi de contravîntuire, deoarece aceştia, spre deosebire de pereţii purtaţi, determină direct durabilitatea întregii clădiri.

Pereţii exteriori trebuie să satisfacă condiţii deosebite de durabilitate (pentru gelivitate, umiditate, coroziune, acţiunea biologică a microorganismelor), deoarece separă două medii diferite, interior şi exterior, cu parametrii climatici variabili. De asemenea, pereţii exteriori trebuie să protejeze interiorul clădirilor împotriva ploii şi vîntului. Coeficientul de permeabilitate la ploaie este timpul t necesar pentru ca să apară pete de umezeală pe faţa opusă aceleia pe care se scurge o pînză de 4 litri apă pe m^2 şi pe minut.

Pereţii interiori sau exteriori trebuie să nu capete igrasie datorită ascensiunii capilare a apei din pămînt şi trebuie să poată suporta în apropierea lor un aparat sau o instalaţie de încălzire fără a se provoca deteriorări sau incendii. În cazul unor medii interioare, care conţin vapori cu acţiune distructivă (în laboratoare, ateliere etc.), pereţii trebuie să reziste acţiunii chimice corosive, iar pereţii care delimitează depozite frigorifice trebuie să reziste acţiunii repetate a îngheţ-dezgheţului.

11.2.2. CONDIŢII MECANICE

Condiţiile mecanice, care privesc stările limită ultime (de rezistenţă, stabilitatea poziţiei sau a formei, oboseală) şi ale exploatării normale (fisurare, deformaţie), prin care se asigură rezistenţa şi stabilitatea pereţilor sub acţiunea încărcărilor verticale şi orizontale, sînt esenţiale pentru pereţii portanţi şi de contravîntuire, deoarece aceştia determină rezistenţa şi stabilitatea de ansamblu a clădirii. Calculul la oboseală intervine extrem de rar, căci astăzi se preconizează numai rareori pereţi solicitaţi la oboseală. Unii pereţi trebuie să suporte şocurile provocate de autovehicule (pereţi orientaţi spre căile de comunicaţie, străzi, şosele etc.) sau de alte maşini şi şocurile rafalelor de vînt în timpul furtunilor, necesitînd anumite rezistenţe la străpungere.

Pereţii despărţitori neportanţi trebuie să suporte o încărcare orizontală, liniară, uniform distribuită de 500 N/m, aplicată la o înălţime de 0,90 m de la cota pardoselii, pentru a satisface condiţiile de exploatare normală.

Pereţii portanţi şi purtaţi trebuie să aibă suficientă rezistenţă la încovoiere locală, ca să poată servi ca suport pentru ornamente, tablouri etc. şi să permită fixarea de instalaţii casnice (obiecte tehnico-sanitare, rafturi etc.).

În ziduri trebuie să se poată fixa cuie sau şuruburi, eventual fără ghermele sau dibluri, astfel, încît să nu se producă crăpături sau alte degradări.

Betonul, produsele ceramice, ca şi alte materiale dure nu primesc nici cuie, nici şuruburi fără dibluri. Rezistenţele de smulgere a cuielor şi şuruburilor în diverse materiale utilizate la realizarea pereţilor sînt date în tabelul 11.1.

11.2.3. CONDIŢII FIZICO-IGIENICE

Condiţiile fizico-igienice ale pereţilor sînt determinante pentru microclimatul, confortul şi igiena din interiorul clădirilor şi privesc măsurile de izolare higrotermică, de izolare acustică, de iluminare, de ventilare şi de igienă, strîns

Tabelul 11.1

Material / Tije	Rezistenţa de smulgere, în daN, pentru:				
	lemn de brad	lemn de stejar	plăci din fibre aglomerate din lemn	beton din agregate uşoare	plăci din ipsos
Cuie	400	500	5	50	5
Şuruburi	400	900	30	—	25

legate de condiţiile de viaţă şi precizate de ecologia umană. Aceste condiţii se bazează, în special, pe legile fizice ale transferului de căldură şi masă, ale transmisiei energiei sonore, ale schimbului şi difuziei de aer şi lumină prin pereţi, între cele două medii, interior şi exterior, descrise în capitolele 5, 6 şi 23, care cuprind totodată principii de proiectare şi alcătuire constructivă a pereţilor portanţi şi purtaţi, exteriori şi interiori.

11.2.4. CONDIŢII ARHITECTURAL-ESTETICE

Condiţiile arhitectural-estetice ale pereţilor contribuie la realizarea în interior a confortului şi a unei ambianţe plăcute, iar în exterior determină aspectul general estetic al clădirii. Aceste condiţii se realizează mai ales cu ajutorul lucrărilor de finisaje (tencuieli, placaje, tapete etc.) ale pereţilor, care completează şi îmbunătăţesc totodată condiţiile capitale, fizico-igienice şi de exploatare şi uneori chiar condiţiile mecanice. Se recomandă folosirea pereţilor cu faţă văzută din beton, din zidărie aparentă etc.

11.2.5. CONDIŢII ECONOMICO-ORGANIZATORICE

Privesc obţinerea eficienţei tehnico-economice a pereţilor şi clădirilor în ansamblu, ţinînd seama de cheltuielile de investiţii şi de exploatare, ca şi de consumul de energie; aceste condiţii au condus la concepţii şi tehnologii noi de execuţie. Din acest punct de vedere pentru clădirile de locuit se recomandă:

— pentru construcţii P . . . P + 2E, pereţi din panouri uşoare (BCA, beton uşor cu agregate poroase etc.);

— pentru construcţii cu cel mult cinci niveluri, pereţi portanţi din elemente prefabricate (elemente spaţiale şi panouri mari de beton armat, greu sau uşor), din diafragme de zidărie eficientă sau de beton armat turnat monolit sau pereţi purtaţi pentru structuri cu schelet din beton armat;

— pentru clădiri cu cel mult 11 niveluri, pereţi portanţi din panouri mari, diafragme monolite în structuri din diafragme sau în structuri mixte (cadre cu diafragme sau nuclee), ca şi pereţi purtaţi pentru structuri cu schelet din beton armat.

Pentru clădiri social-culturale se recomandă folosirea pereţilor portanţi din diafragme monolite (cu planşee monolite sau prefabricate) în structurile din diafragme sau în cele mixte, din diafragme prefabricate (elemente spaţiale, panouri mari), din zidărie eficientă, ca şi folosirea pereţilor purtaţi la structuri cu cadre din beton armat.

11.3. ALCĂTUIREA PEREŢILOR PORTANŢI ŞI DE CONTRAVÎNTUIRE

O clădire cu pereţi portanţi (din zidărie sau diafragme şi planşee din beton armat) reprezintă, de obicei, în realitate o structură complexă, spaţială, dezvoltată după cele trei direcţii, în care cele trei sisteme perpendiculare de diafragme

şi plăci (pereţi longitudinali şi transversali, planşee) conlucrează la preluarea şi scurgerea încărcărilor verticale şi orizontale precum şi altor acţiuni, care pot solicita clădirea.

Totuşi, din considerente practice, se analizează separat rezistenţa planşeelor a pereţilor portanţi proiectaţi, în special, pentru preluarea încărcărilor verticale, ca şi a pereţilor de contravîntuire (shear-walls, scheiben, murs de contreventement), folosiţi pentru a asigura rezistenţa şi stabilitatea structurii la forţe orizontale.

În general, este însă avantajos ca pereţii de contravîntuire să suporte şi încărcările verticale, astfel încît se combină cele două funcţiuni: de rezistenţă la forţe verticale şi de contravîntuire la forţe orizontale. *Pereţii autoportanţi* (v. fig. 11.1) îndeplinesc aproape aceleaşi funcţiuni şi au, în general, aceeaşi, alcătuire ca şi pereţii portanţi propriu-zişi, de care se deosebesc, în principal prin faptul că suportă numai greutatea lor pe înălţimea construcţiei fără a fi solicitaţi de încărcările verticale transmise de elementele orizontale; rareori, în funcţie de rigiditatea lor, ei participă la preluarea încărcărilor orizontale transmise de planşee.

11.3.1. PEREŢI DIN ZIDĂRIE

Grosimea minimă a pereţilor portanţi din zidărie rezultă din cerinţele de capacitate portantă (rezistenţă şi stabilitate), fiind în funcţie şi de mărimea pietrelor folosite. STAS 10 109/0—75 precizează că grosimea minimă a pereţilor portanţi din zidărie este de 25 sau 30 cm (după tipurile de cărămizi sau blocuri), dar în mod excepţional, la construcţii de importanţă redusă, cu cel mult două niveluri, se admit şi ziduri portante cu grosimea egală cu jumătate de cărămidă sau bloc, cu obligaţia verificării prin calcul a rezistenţei şi stabilităţii peretelui şi cu respectarea măsurilor constructive stabilite în prescripţii.

Grosimea pereţilor portanţi mai este determinată şi de condiţiile de rezemare corespunzătoare a planşeelor. În cazul planşeelor realizate din elemente prefabricate (fîşii, grinzi), grosimea pereţilor va fi (fig. 11. 3):

$$d = 2a + r. \qquad (11.1)$$

În cazul planşeelor din beton armat monolit $r = 0$. Adîncimea de rezemare a elementelor prefabricate, a, depinde de o serie de factori (toleranţe, deschidere, sistem constructiv, încărcare maximă etc.), precum şi de mărimea rostului de monolitizare care în mod curent este de 5 . . .10 cm; în general, rezultă o grosime minimă a pereţilor de 15 cm. În cazul fîşiilor prefabricate cu goluri, rostul necesar este de 8 cm, rezultînd o grosime minimă a peretelui de 18 cm.

De regulă, grosimea minimă a pereţilor exteriori rezultă din dimensionarea termică deoarece, folosindu-se la clădiri cu cel mult P+4E, rezultă grosimi mai mici din condiţia de rezistenţă şi stabilitate.

Grosimea pereţilor în care se încastrează scări sau podeste în consolă va fi determinată prin cal-

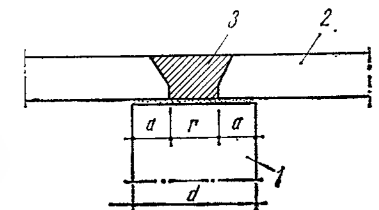


Fig. 11.3. Rezemarea fîşiilor de planşeu pe pereţi din zidărie:
1 – perete portant din zidărie; 2 – fîşie prefabricată de planşeu; 3 – monolitizare.

cul, astfel încît să se asigure stabilitatea încastrării elementelor în consolă; se recomandă ca astfel de pereţi să aibă grosimea de cel puţin $1^1/_2$ c.

În general, pereţii portanţi din zidărie se folosesc la clădiri de locuit (blocuri, locuinţe unifamiliale), case de odihnă, cămine de locuit, cămine culturale în mediul rural, creşe, grădiniţe, ateliere de producţie cu regim uşor de exploatare etc.

Îmbunătăţirea izolării termice la pereţii portanţi din zidărie de cărămidă sau din blocuri mici se poate realiza:

— prin rosturi verticale lărgite şi uneori umplute cu material termoizolant;

— din două rînduri de zidărie, cu un strat intermediar de aer sau umplut cu material termoizolant, asigurîndu-se conlucrarea mecanică dintre cele două straturi (v. fig. 7.18);

— din zidărie mixtă cu strat de aer intermediar sau umplut cu material termoizolant şi din pietre de zidărie uşoare, izolante termic (v. fig. 7. 1).

Blocurile şi panourile mari din zidărie eficientă reprezintă soluţii industrializate pentu pereţii din zidărie (v. fig. 7. 19 şi 7. 20).

11.3.2. PEREŢI DIN BETON MONOLIT

11.3.2.1. **Avantajele şi dezavantajele utilizării pereţilor din beton monolit.** Pereţii din beton monolit utilizaţi sub formă de diafragme au o serie de avantaje, cum ar fi:

— durabilitate mare;

— capacitate portantă mare, ceea ce permite folosirea lor la clădiri cu multe niveluri;

— prin mărirea secţiunii sau a mărcii betonului, capacitatea portantă se poate mări treptat, de sus în jos, pe măsură ce cresc solicitările (forţe axiale, momente încovoietoare şi forţe tăietoare) din încărcările verticale şi orizontale;

— îmbinările monolite dintre pereţii longitudinali şi cei transversali, precum şi dintre pereţi şi planşee, asigură conlucrarea spaţială a structurii clădirii;

— tehnologia de execuţie permite realizarea lor mai rapid decît a pereţilor din zidărie.

Dezavantajele pereţilor din beton monolit sînt:

— betonul are o rezistenţă termică mică, ceea ce necesită prevederea unui strat de termoizolaţie pentru pereţii exteriori;

— tehnologia de realizare bazîndu-se pe procese umede, nu permite turnarea pereţilor în perioadele reci ale anului decît cu măsuri speciale pentru a evita îngheţarea betonului proaspăt;

— necesită consum mare de cofraje.

11.3.2.2. **Alcătuirea pereţilor din beton monolit.** Rezistenţa termică mică a betonului impune folosirea izolaţiei termice la pereţii exteriori, utilizîndu-se astfel pereţi stratificaţi, în care fiecare strat participă la realizarea funcţiunii complexe a peretelui portant exterior în raport cu proprietăţile sale. Se pot distinge două structuri obişnuite pentru pereţii exteriori (fig. 11.4):

— structuri din două straturi, unul din straturi avînd funcţiunea portantă şi celălalt de izolare termică;

— structuri din trei straturi, tip sandviş, stratul al treilea avînd funcţiunea principală de protecţie a stratului termoizolant.

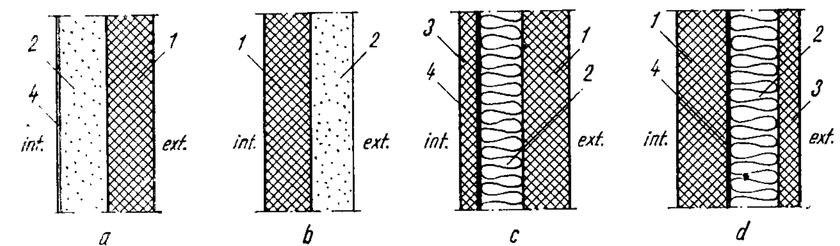


Fig. 11.4. Soluţii constructive la pereţi exteriori din beton monolit;

a; *b* în două straturi, cu stratul termoizolant la interior, respectiv la exterior; *c*; *d* — în trei straturi, cu stratul portant la exterior, respectiv la interior; *1* strat portant; *2* — strat termoizolant; *3* — strat de protecţie; *4* — barieră de vapori.

Stratul portant se execută din betoane avînd rezistenţa de 200 . . . 300 daN/cm². Grosimea rezultă din calculul de rezistenţă şi stabilitate şi va fi de cel puţin 12 cm.

În cazul pereţilor din două straturi, în mod obişnuit stratul termoizolant se execută după realizarea stratului portant sau este folosit drept cofraj pierdut. De aceea, acest strat se va realiza din materiale izolante rigide: blocuri, plăci sau fişii din beton uşor (de granulit, BCA etc.), din corpuri ceramice cu goluri, cărămizi din dialit etc. Stratul termoizolant se poate realiza şi prin turnarea monolită a betoanelor uşoare în cofraje.

În cazul pereţilor în trei straturi, realizarea stratului termoizolant este mai dificilă cînd se utilizează cofraje plane sau spaţiale, avînd în vedere turnarea monolită a celorlalte două straturi. În cazul folosirii cofrajelor glisante, stratul termoizolant se realizează uşor, folosind aceleaşi materiale izolante rigide. Se realizează şi pereţi exteriori într-un singur strat din betoane uşoare, de rezistenţă şi izolare termică, confecţionate cu agregate poroase.

Grosimea stratului termoizolant rezultă în urma dimensionării termice, fiind în funcţie de zona climatică, cerinţele de confort interior şi materialul utilizat (v. capitolul 5).

Grosimea stratului de protecţie este cuprinsă între 4 şi 7 cm, fiind mai mică dacă este amplasat la interior; la exterior se recomandă grosimi de 5...7cm. Grosimea totală a pereţilor exteriori rezultă de 22...30 cm; se apreciază că realizarea unor pereţi exteriori (omogeni sau stratificaţi) cu grosimi mai mari de 30 cm nu este avantajoasă.

Pereţii interiori se realizează dintr-un singur strat, avînd grosimea determinată din condiţii impuse de stările limită ultime (rezistenţă, stabilitate), de izolarea fonică şi de rezemarea planşeelor, luîndu-se egală cel puţin cu 15 cm.

11.3.2.3. **Tehnologia de execuţie a pereţilor din beton monolit.** Execuţia industrializată a pereţilor din beton se realizează de obicei pe două căi:

— prin turnarea monolită a betonului în pereţi, la faţa locului (construcţii monolite), folosind utilaje şi tehnologii care asigură cerinţele unei execuţii industrializate;

— prin prefabricarea elementelor de dimensiuni medii (plăci, fişii) sau mari (panouri mari, elemente spaţiale) cu grad ridicat de finisare, în fabrici fixe sau mobile, care reduc cît mai mult procesele umede pe şantier.

În funcţie de tehnologia de execuţie, pot fi:

— *pereţi turnaţi în cofraje de inventar* din panouri de lemn sau metal de dimensiuni mici, dimensiunile (lungimea) acestor panouri fiind mai mici decît dimensiunile (lungimea) unui perete; se pot folosi pentru orice tipuri de partiuri;

— *pereți turnați în cofraje universale tip INCERC* din metal, avînd dimensiuni mari, ce depășesc, în general, lungimea peretelui unei camere. Se aplică cu eficiență maximă la structurile liniare, fagure sau celulare, modulate sau nu, avînd pe direcția longitudinală un perete median sau doi pereți și coridor central și pereți exteriori din panouri prefabricate autoportante sau purtate. Se aplică cu eficiență mai redusă la clădirile de formă regulată, dar cu mai mulți pereți longitudinali sau la clădiri cu cadre monolite la fațade și pereți de umplutură;

— *pereți turnați în cofraje plane speciale metalice*, confecționate pe dimensiunile pereților. Se aplică cu eficiență maximă la structuri liniare sau punct modulate, de tip fagure sau celular (avînd cel mult 3 celule de dimensiuni diferite) cu pereți exteriori portanți din panouri prefabricate. Se aplică cu eficiență mai redusă la structuri de formă oarecare în plan, de tip fagure cu celule trapezoidale și la clădiri cu cadre monolite în fațade și zidărie de umplutură;

— *pereți turnați în cofraje spațiale metalice*, avînd dimensiunile egale cu dimensiunile unei camere. Se aplică la clădirile liniare cu distribuție fagure modulate, avînd unul sau doi pereți longitudinali mediani și pereți exteriori longitudinali din panouri autoportante sau purtate;

— *pereți turnați în cofraje glisante*. Se aplică cu eficiență maximă la clădiri înalte liniare sau punct, de formă regulată, cu distribuție fagure sau celulară, modulată (în general, cu pereții dispuși pe o rețea dreptunghiulară, modulată), avînd fațadele monolite fără balcoane sau cu balcoane reduse. Cu eficiență redusă se aplică la clădiri cu puține niveluri sau la clădiri cu pereții dispuși după o rețea oarecare, nemodulată.

11.3.3. PEREȚI DIN ELEMENTE PREFABRICATE

Mărimile elementelor prefabricate sînt determinate de posibilitatea alcătuirii partiurilor și de capacitatea mijloacelor de transport și de montaj. În funcție de greutatea elementelor prefabricate, se pot distinge:

— *sisteme cu panouri de dimensiuni medii* avînd greutăți mici (elemente universale), care permit o alcătuire mai liberă a partiurilor și care fac parte din *sistemele deschise*;

— *sisteme cu panouri mari*, de greutăți mijlocii care au dimensiunile unei camere sau a două camere și care permit o variație redusă a partiului; sînt *sisteme închise*, cel mai des utilizate în prezent;

— *sisteme cu elemente spațiale* avînd greutăți mari, care sînt tot sisteme închise.

Tendința de mărire a dimensiunilor elementelor are avantajul unei eficiențe mai mari la fabricație și la montaj, obținerii unei structuri cu stabilitate mărită, oferind posibilitatea realizării unui număr mai mare de niveluri, precum și reducerea numărului de îmbinări. Are însă dezavantajul că se transportă și se montează mai greu, necesitînd utilaje de capacitate mare.

Folosind elemente cu greutate mijlocie, se realizează un montaj mai ușor; deși numărul de îmbinări se mărește, aceasta duce la compensarea toleranțelor de fabricație, efectul contracțiilor și dilatării elementelor este mai mic iar solicitarea îmbinărilor mai redusă. Prin folosirea betoanelor ușoare se pot realiza elemente de greutate mai redusă, avînd aceleași dimensiuni ca cele din beton greu.

11.3.3.1. **Pereți din panouri mari prefabricate.** Panourile mari sînt elemente prefabricate pentru pereți interiori și exteriori, de greutate mijlocie (au greutatea obișnuită maximă de 48 kN), cu dimensiunile egale sau chiar mai mari decît peretele unei camere.

Alegerea numărului maxim de niveluri este dictată de comportarea la forțe laterale și de considerente economice. Astfel, cele mai răspîndite tipuri de clădiri din panouri mari sînt cele cu P + 4E (fără ascensor), la care îmbinările preiau ușor toate solicitările. Tot economice sînt și clădirile cu P + 8 ...10E, cu un singur ascensor la casa scării, la care îmbinările sînt ceva mai dificil de executat.

Se pot realiza și clădiri cu multe niveluri din panouri mari (25...30 niveluri), în general sub formă de clădiri punct, grosimea pereților portanți la nivelurile inferioare fiind mărită la 25...28 cm. Îmbinările dintre panouri sînt dificile, trebuind să fie rezistente la eforturi de forfecare pentru ca pereții să poată prelua solicitările orizontale; s-au realizat asemenea clădiri la Berlin și Moscova, ambele fiind regiuni neseismice.

11.3.3.1.1. *Structura panourilor mari.* Se pot deosebi mai multe posibilități de alcătuire a *panourilor exterioare*, care trebuie să satisfacă în primul rînd condițiile de izolare termică și să fie după caz portante sau autoportante:

— *panouri într-un singur strat* (fig. 11. 5, *a*) din betoane ușoare cu agregate poroase (granulit, zgură expandată) sau din betoane celulare (beton celular autoclavizat) sau chiar panouri din zidărie de cărămidă sau din blocuri de beton ușor sau ceramice. Avantajul panourilor mari din betoane ușoare constă în greutatea lor relativ redusă;

— *panouri cu structura cheson, în două straturi* (fig. 11. 5, *b*), formate dintr-o rețea de nervuri cu placă, realizate din betoane compacte, B250 sau B300, confecționate cu agregate grele sau ușoare, care constituie elementul de rezistență. Stratul termoizolant se poate realiza din corpuri prefabricate din betoane ușoare sau din beton ușor turnat între și peste nervuri. Grosimea acestui strat este mai mare decît înălțimea nervurilor, astfel că la interior panoul este practic omogen din punctul de vedere al caracteristicilor termice. Aceste panouri sînt folosite în special în Franța și R.F. Germania;

— *panouri sandviș cu structura în trei straturi* (fig. 11. 5,*c*), tipul cel mai răspîndit în toate țările, deoarece prin diferențierea funcțiunilor materialelor, per-

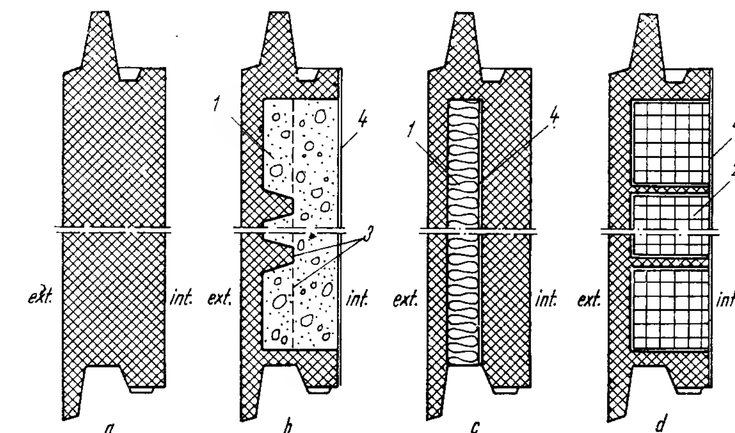


Fig. 11.5. Panouri mari pentru pereți exteriori:

a — în strat unic; *b* — structură cheson în două straturi; *c* — structură sandviș în trei straturi; *d* — structură nervurată; *1* — strat termoizolant; *2* — corpuri termoizolante; *3* — nervuri; *4* — barieră de vapori.

mite folosirea lor cu eficiență maximă la un consum minim. Pentru capacitatea portantă și pentru protecția stratului termoizolant se folosesc betoane compacte de mărci B200. . .B300, iar pentru rezistența termică, materiale termoizolante cu eficiență ridicată, care pot fi elastice (vată sau pîslă minerală), semirigide sau cel mai bine rigide (plăci termoizolante din beton celular spumos aburit, beton celular autoclavizat, polistiren expandat, sticlă spongioasă, beton cu agregate vegetale, beton de granulit etc.). Materialele elastice sînt deformabile, de aceea se recomandă cele rigide. În țara noastră este foarte des folosită structura în trei straturi cu termoizolație din beton celular autoclavizat. Se consideră că în viitor nu este recomandabil a utiliza betonul celular autoclavizat ca material termoizolant, deoarece are o eficiență mai redusă, greutate mai mare și conduce la grosimi prea mari de panouri (uneori peste 30 cm). De aceea se indică folosirea polistirenului expandat sau a plăcilor rigide din vată minerală (tip SILLAN). La noile proiecte întocmite de ISART-București, pe baza studiilor efectuate în ultimul timp, s-au adoptat panouri de pereți exteriori de 27...28 cm, avînd stratul portant de 12 cm (la P+4E) și de 14 cm (la P+8E), termoizolația de 6...8 cm și stratul de protecție de 6...7 cm;

— *structuri nervurate* (fig. 11.5, *d*) formate dintr-o rețea de nervuri din beton compact de rezistență, B200 ...B 300, confecționat cu agregate grele sau ușoare, care înglobează corpuri termoizolante (de preferință ceramice), cu goluri de diferite forme și mărimi.

Pentru *pereții interiori* se folosesc panouri dintr-un singur strat, avînd grosimea determinată din condiții de capacitate portantă, izolare fonică și de rezemare a planșeelor. La ISART București s-au adoptat grosimi de 14 cm (la P + 4E) și de 16 cm (la P + 8E).

Panourile din zidărie vibrată (folosite în special în U.R.S.S.) se realizează din cărămizi avînd marca cel puțin 100 și mortar cu marca minimă 75. Grosimea pereților rezultă din calcul și poate fi de 1 1/2; 1 sau 1/2 cărămizi. Panourile pentru pereți exteriori se pot alcătui:

— într-un singur strat;

— în două straturi, un strat fiind termoizolație rigidă cu rezistența de cel puțin 10 daN/cm^2;

— în trei straturi, cu strat intermediar termoizolant, care poate fi semirigid sau elastic.

În țara noastră au început să se efectueze studii și experimentări pentru realizarea pereților portanți și autoportanți din fîșii și panouri din beton celular autoclavizat, care deocamdată se folosesc la clădiri cu parter sau parter și un etaj.

11.3.3.1.2. *Echipamentul și prefinisarea panourilor mari.* În scopul reducerii volumului de manoperă pe șantier și a reducerii duratei de execuție, este necesar ca la livrare, panourile mari să fie dotate cu cea mai mare parte din echipamentul necesar pentru exploatarea construcției:

— elemente necesare pentru realizarea îmbinărilor;

— elemente de instalație electrică (tuburi, conductori, doze, prize etc.);

— elemente de instalații tehnico-sanitare și de încălzire;

— elemente de tîmplărie (uși, ferestre).

Prefinisarea panourilor mari constă în livrarea lor pe șantier cu suprafețe cît mai netede, astfel ca după montare să fie necesară doar finisarea prin aplicare de tencuieli subțiri (diferite paste și vopsele aplicate pe suprafețele respective cu șpaclul într-un strat de circa 1 mm și care poate fi zugrăvit sau vopsit).

Se caută a se realiza panouri cu paramentul exterior finisat complet în fabrică. În acest sens se pot menționa următoarele tipuri de finisaje:

— cu betoane aparente, cu parament brut;

— cu betoane aparente decorative;

— cu placaje ceramice smălțuite;

— cu vopsitorii pe bază de materiale plastice;

— cu placaje din plăci de materiale plastice.

Panourile mari din beton celular autoclavizat se vor finisa în straturi subțiri pentru a nu se desprinde de stratul suport, care este destul de friabil și cu absorbție ridicată de apă. Dintre aceste finisaje, cele mai des folosite sînt:

— finisaje pe bază de mortare în straturi subțiri;

— finisaje pe bază de materiale plastice;

— finisaje pe bază de material concasat, presat direct în stratul exterior de beton celular.

11.3.3.1.3. *Sisteme de îmbinare.* Problema îmbinărilor este cea mai dificilă din ansamblul celor care se pun la executarea, asigurarea rezistenței și stabilității structurilor, la clădirile din panouri mari prefabricate. Îmbinările trebuie proiectate și realizate astfel încît să redea continuitatea structurii, ca aceasta să se comporte sub acțiunea încărcărilor ca o structură monolită. În acest scop este necesar ca la alcătuirea îmbinărilor să se aibă în vedere următoarele principii:

— îmbinările să fie astfel concepute (cantitativ, loc de plasare etc.) și alcătuite încît să asigure preluarea solicitărilor ce le revin din acțiunea încărcărilor de orice fel;

— să se poată plastifica la solicitări foarte mari, pentru a evita prăbușirea clădirii și ruperea lor casantă;

— transmiterea eforturilor de compresiune se va face prin beton și a celor de întindere prin armăturile înnădite cu sudură, petrecere sau bucle;

— transmiterea eforturilor tangențiale între panouri se va face prin alveole și praguri.

În general, îmbinările trebuie să realizeze continuitatea peretelui atît pe orizontală cît și pe verticală, precum și conlucrarea spațială a pereților transversali cu cei longitudinali și legătura pereților cu planșeele. Totodată îmbinările trebuie să asigure continuitatea planșeelor astfel încît acestea să lucreze ca o șaibă indeformabilă, care prin rigiditatea lor mare, să asigure conlucrarea pereților (diafragmelor) la acțiunea încărcărilor orizontale. La pereții din panouri mari se disting, în primul rînd, rosturile verticale (unde se îmbină numai panouri de pereți) și rosturile orizontale (unde se îmbină panourile de pereți cu panourile de planșeu).

În funcție de modul de realizare a ***rosturilor verticale*** se disting două tipuri principale de îmbinări ale panourilor mari:

— *îmbinări la colțurile panourilor*, bazate pe principiul concentrării eforturilor în colțuri (fig. 11.6), realizate prin sudura armăturilor (îmbinări uscate);

— *îmbinări pe conturul panourilor*, bazate pe principiul distribuirii eforturilor pe margini (fig. 11.7) realizate prin betonare (îmbinări umede).

În figura 11.8 se prezintă trei tipuri de îmbinări la colțurile panourilor. Se observă că eforturile de întindere sînt preluate de armături, iar cele de compresiune prin beton. La schimbarea sensului de acțiune a lunecării L aferentă unui nivel (care se produce la schimbarea sensului de acțiune a încărcărilor laterale), se inversează zonele de lucru ale nodurilor. Cînd se schimbă sensul lunecării la îmbinarea din figura 11.8, *a*, va lucra armătura ascendentă și diagonala descendentă; în îmbinarea din figura 11.8, *b* armătura va lucra în mod identic,

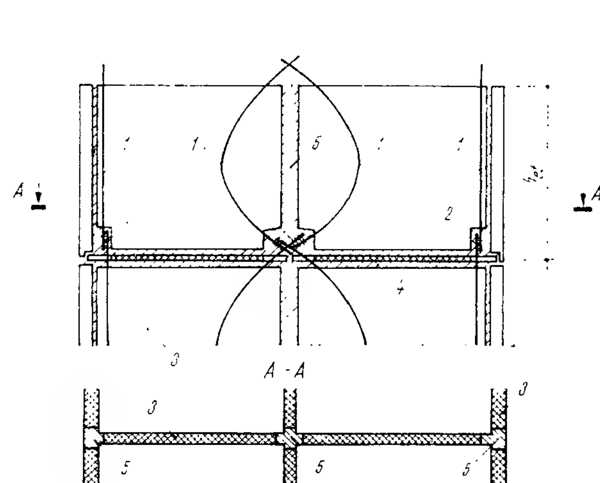


Fig. 11.6. Îmbinarea la colțuri a panourilor mari:
1 — armătură de continuitate; *2* — sudură; *3* — panou de perete; *4* — panou de planșeu; *5* — rost vertical monolitizat.

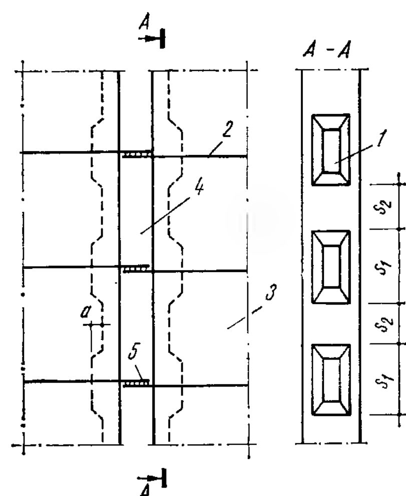


Fig. 11.7. Îmbinarea panourilor pe contur:
1 — alveolă; *2* — armătură de continuitate; *3* — panou; *4* — rost vertical; *5* — sudură.

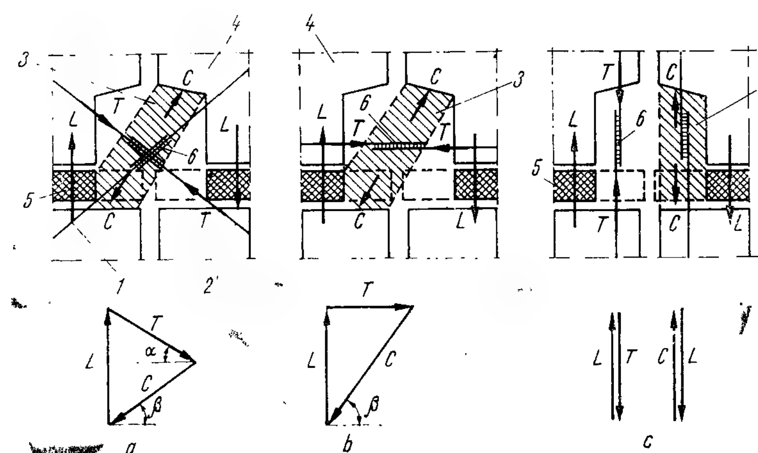


Fig. 11.8. Modul de lucru al îmbinărilor la colțuri:
a — cu armături înclinate; *b* — cu armături orizontale; *c* — cu armături verticale; *L* — lunecarea de nivel; *T* — efort de întindere în armătură; *C* — efort de compresiune în beton; *1* — armătură ascendentă; *2* — armătură descendentă; *3* — zona comprimată a betonului; *4* — panou de perete; *5* — panou de planșeu; *6* — sudură.

în schimb va fi comprimată diagonala descendentă, iar în îmbinarea din figura 11.8, *c* va lucra armătura din dreapta și betonul din stînga. Se observă că cea mai bună conlucrare între panouri se obține la îmbinarea din figura 11.8, *a*, îmbinările din figurile 11.8, *b* și *c* prezintă o conlucrare mai slabă. La îmbinarea din figura 11.8, *b* nu se realizează continuitatea pe verticală a panourilor, iar la cea din figura 11.8, *c* nu se realizează continuitatea pe orizontală. O continuitate bună se obține prin combinarea sistemului de îmbinare din figura 11.8, *b* cu cel din figura 11.8, *c*. Sistemul din figura 11.8, *c* se poate îmbunătăți printr-o centură orizontală dacă se iau măsuri ca panourile să conlucreze cu centura (prin mustăți, alveole sau praguri). Sistemul din figura 11.8, *c* nu asigură o

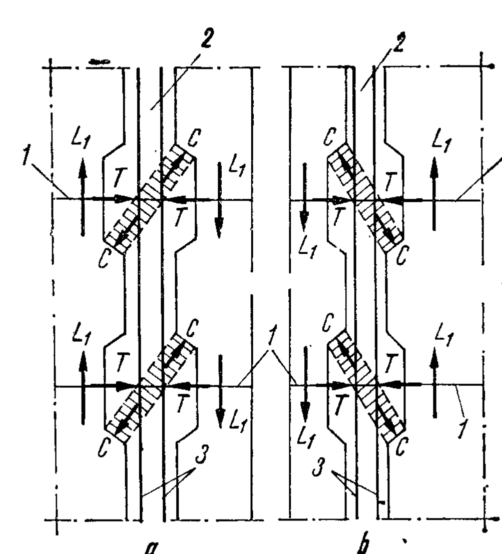


Fig. 11.9. Modul de lucru al îmbinărilor pe contur:
a; *b* — variante de îmbinări cu încărcări laterale acționînd spre stînga, respectiv spre dreapta; L_1 — lunecarea aferentă unui prag; *T* — efortul de întindere din armătură; *C* — efortul de compresiune din beton; *1* — armătură orizontală pentru asigurarea continuității; *2* — rost vertical; *3* — armătură verticală în rost pentru asigurarea continuității.

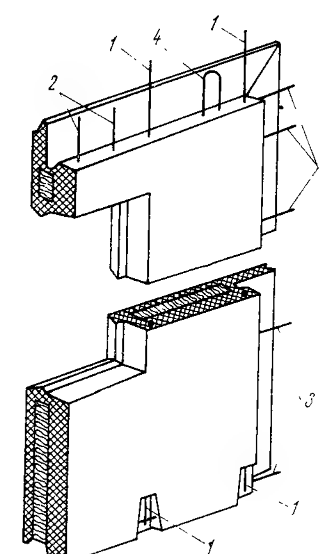


Fig. 11.10. Panou prefabricat pentru peretele exterior:
1 — armături de continuitate pe verticală; *2* — armături pentru legarea cu panoul de planșeu; *3* — armături pentru continuitatea pe orizontală; *4* — buclă pentru prinderea în cîrligul macaralei.

conlucrare bună între panourile adiacente, ceea ce poate duce la apariția unor fisuri în lungul rostului vertical marginal.

Sistemul cu îmbinări umede pe contur este cel mai răspîndit, datorită avantajelor pe care le prezintă: distribuirea lunecării de nivel și realizarea continuității (fig. 11.9). Continuitatea pe orizontală se realizează prin armăturile orizontale sudate care ies în dreptul alveolelor, iar pe verticală cu ajutorul armăturilor din rosturile verticale și a unor armături verticale din panou, în special a celor amplasate la colțuri, care se sudează (fig. 11.10).

În figura 11.11 se prezintă cîteva tipuri de intersecții și de rosturi verticale între panouri.

În *îmbinările orizontale* se realizează atît legătura dintre panourile de pereți, dintre panourile de planșeu, cît și cea dintre pereți și planșee. Este indicat ca îmbinările orizontale să se realizeze prin subbetonare, cu rezemarea provizorie a panourilor superioare de pereți. După turnarea și compactarea betonului din centură, dispozitivele pentru rezemarea provizorie a panourilor de pereți se îndepărtează (sau se slăbesc), astfel ca transmiterea încărcărilor verticale să se facă uniform distribuit prin betonul turnat în îmbinare. Pentru a asigura o transmitere cît mai directă a eforturilor verticale, este necesar ca suprafața de rezemare a panourilor de planșeu să fie cît mai mică (ținînd seama de toleranțe), asigurîndu-se totuși siguranța necesară.

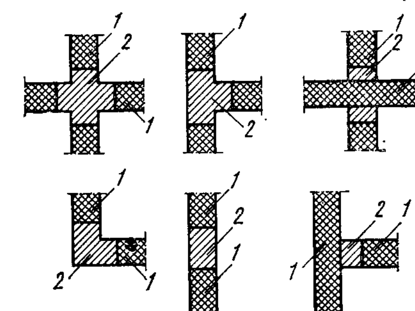


Fig. 11.11. Tipuri de rosturi verticale:
1 — panou prefabricat de perete; *2* — monolitizare verticală.

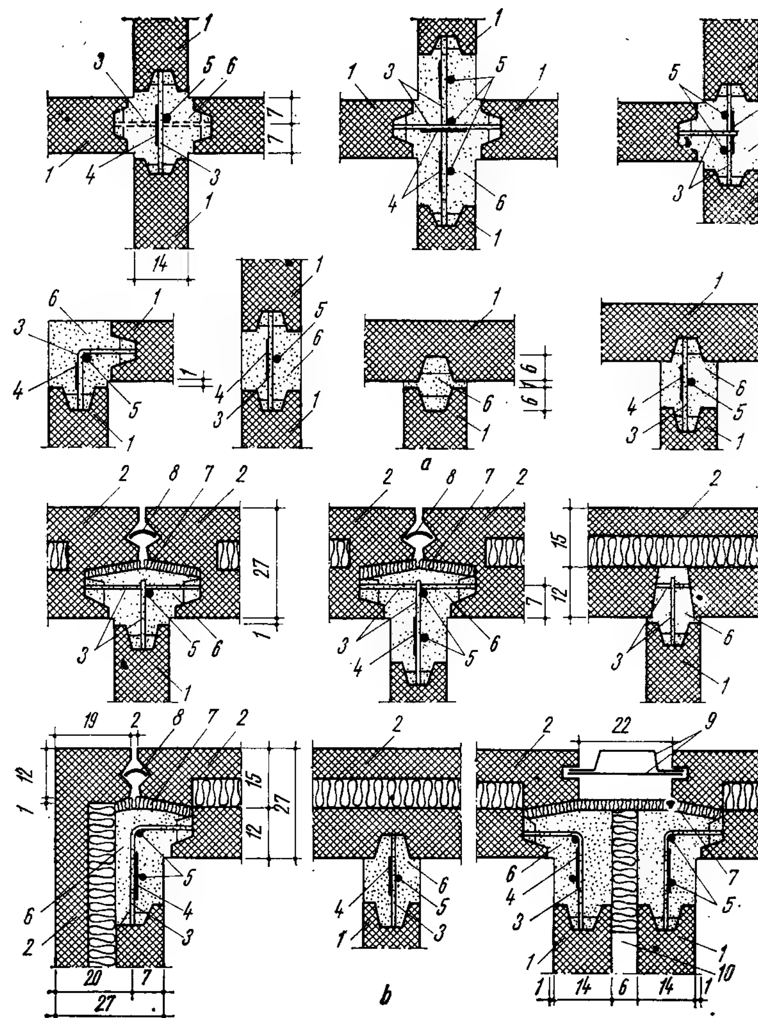


Fig. 11.12. Detalii de rosturi verticale la clădiri cu P + 4E, realizate din panouri mari prefabricate :

a — la panouri interioare de pereți ; *b* — la panouri exterioare de pereți ; *1* — panou interior ; *2* — panou exterior ; *3* — mustăți de legătură între panouri ; *4* — sudură ; *5* — armături verticale în monolitizare ; *6* — beton B 300 în monolitizare ; *7* — izolație termică din polistiren expandat ; *8* — profil din material plastic pentru închiderea rostului ; *9* — profil din tablă zincată ; *10* — rost de dilatare.

Suprafețele de rezemare a panourilor de pereți (canturile) pot fi netede sau prevăzute cu praguri și alveole distribuite uniform.

În figurile 11.12 ; 11.13 și 11.14 se prezintă rezolvările constructive ale rosturilor verticale și orizontale la îmbinarea panourilor mari, folosite în țara noastră, iar în figura 11.15, diverse rezolvări de rosturi aplicate în străinătate.

O altă problemă importantă care necesită o rezolvare corectă la clădirile din panouri mari este etanșarea rosturilor. Se pot distinge diverse soluții în rezol-

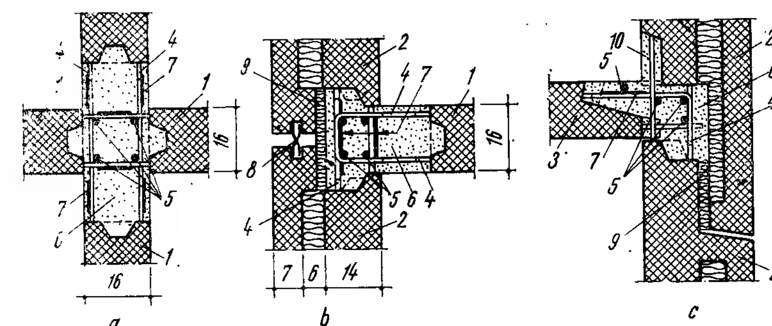


Fig. 11.13. Detalii de rosturi la clădiri cu P + 8E, realizate din panouri mari prefabricate :

a — rost vertical la îmbinarea panourilor interioare de pereți ; *b* — rost vertical la îmbinarea a două panouri exterioare de pereți cu un panou interior ; *c* — rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panoul de planșeu ; *1* — panou interior ; *2* — panou exterior ; *3* — panou de planșeu ; *4* — mustăți de legătură ; *5* — armături verticale sau orizontale în monolitizare ; *6* — beton B 300 în monolitizare ; *7* — sudură ; *8* — profil din materiale plastice pentru închiderea rostului ; *9* — izolație termică la rostul de îmbinare a panourilor exterioare ; *10* — mortar M 150 sau beton B 300, turnat după executarea betonării rostului.

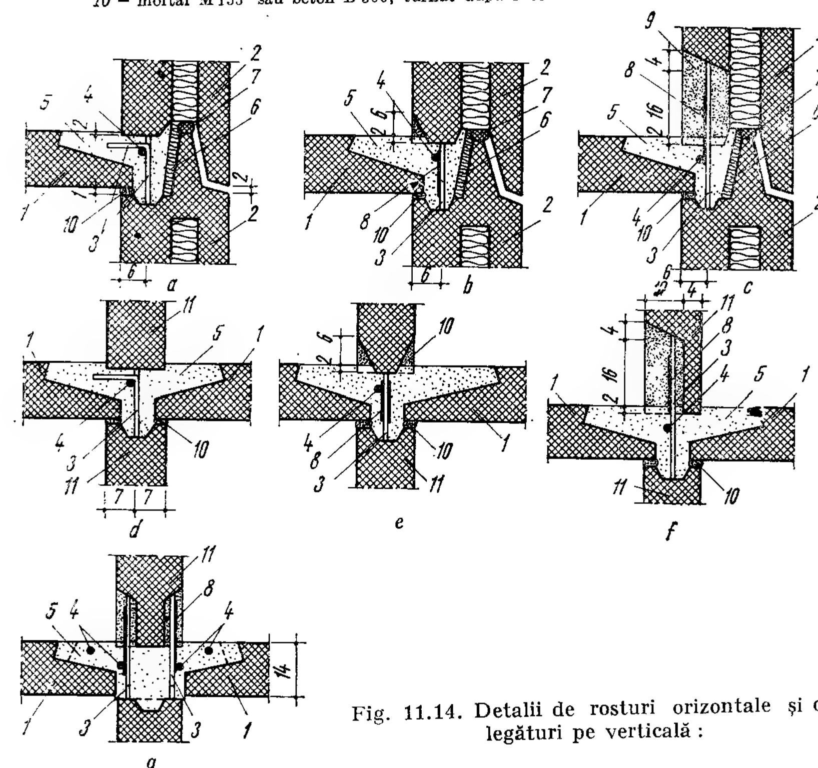


Fig. 11.14. Detalii de rosturi orizontale și de legături pe verticală :

a — rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P + 4E, legătura pe verticală a mustăților realizîndu-se prin petrecere ; *b* ; *c* — rost orizontal la îmbinarea panourilor exterioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P + 4E, legătura pe verticală a mustăților realizîndu-se prin sudură pe înălțimea panoului de planșeu, respectiv prin sudură în nișă ; *d* — rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P + 4E, legătura pe verticală a mustăților realizîndu-se prin petrecere ; *e* ; *f* — rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P+4E, legătura pe verticală a mustăților realizîndu-se prin sudură pe înălțimea panoului de planșeu, respectiv prin sudură în nișă ; *g* — rost orizontal la îmbinarea panourilor interioare de pereți cu panourile de planșeu, pentru clădiri cu P + 8E, legătura pe verticală a mustăților realizîndu-se prin sudură în nișă ; *1* — panou de planșeu ; *2* — panou exterior ; *3* — mustăți de legătură ; *4* — armături orizontale în monolitizare ; *5* — beton B 300 în monolitizare ; *6* — termoizolație în rost la îmbinarea pe verticală a panourilor exterioare ; *7* — material elastic de izolare hidrofugă ; *8* — sudură ; *9* — beton B 300 turnat după executarea betonării rostului ; *10* — mortar M 150 ; *11* — panou interior.

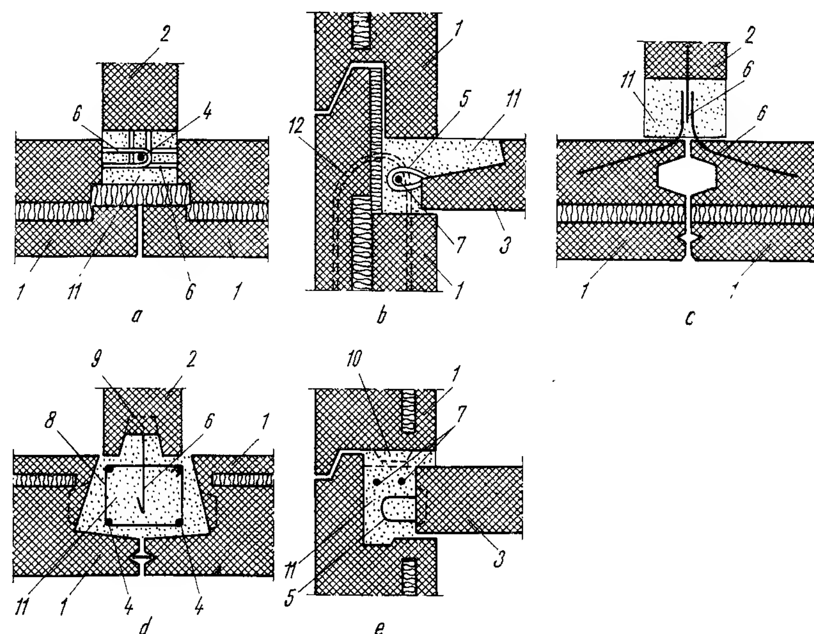


Fig. 11.15. Detalii de îmbinări la rosturile dintre panourile prefabricate, folosite în străinătate :

a; *b* — sistem Camus-Lorraine, pentru rosturile verticale, respectiv pentru cele orizontale; *c* — sistem ABC — Coignet pentru rosturile verticale; *d*; *e* — sistem Balency — Schuhl pentru rosturile verticale, respectiv pentru cele orizontale; *1* — panou exterior; *2* — panou interior; *3* — panou de planșeu; *4* — armătură verticală; *5* — bucle de armătură din planșeu *6* — armătură de continuitate pe orizontală; *7* — armătură în lungul rostului orizontal; *8* — etrier; *9* — alveolă; *10* — prag; *11* — beton de monolitizare; *12* — armătură de legătură cu planșeul.

varea etanșării (cu chit, cu profiluri de etanșare, cu rosturi închise sau deschise etc.), o parte din acestea fiind prezentate în figura 11.16.

11.3.3.2. **Pereți din elemente spațiale.** Elementele spațiale portante prefabricate pentru clădiri, executate pe cale industrială, au mărimea unei camere sau a unui grup de încăperi (de exemplu, a unui apartament). Acestea se confecționează în condiții de fabrică și se livrează pe șantier cu toate instalațiile montate și cu un grad maxim de finisare.

Avantajele folosirii elementelor spațiale decurg din gradul ridicat de industrializare, reducerea consumului de manoperă, scurtarea duratei de execuție. Dezavantajele rezultă din volumul și greutatea lor mare (60...110 kN, pentru elemente spațiale de dimensiunile unei camere și 700 ... 900 kN, și chiar mai mult pentru cele de dimensiunile unui apartament), ceea ce necesită utilaje speciale de transport și montaj, din dificultatea schimbării tipurilor de elemente utilizate și din prețul de cost care este mult mai ridicat decît la panourile mari. Un studiu efectuat în U.R.S.S. a arătat că mărirea dimensiunilor elementelor spațiale pînă la dimensiunea unei camere este avantajoasă, însă mărirea în continuare necesită utilaje speciale de transport și montaj și nu conduce la avantaje substanțiale.

Elementele spațiale de dimensiunea unei camere pot fi realizate :

— prin turnarea monolită a unei cabine spațiale alcătuită din patru pereți și un planșeu ;

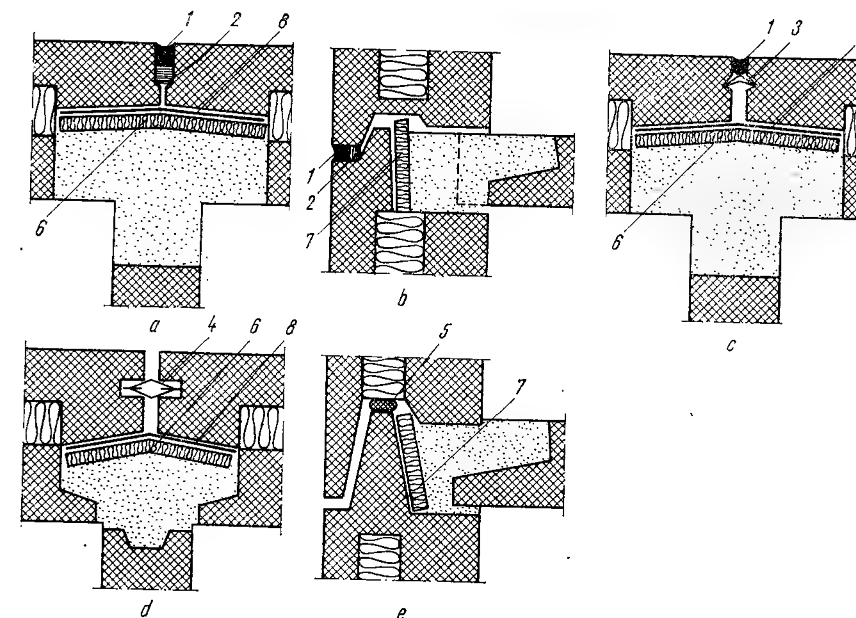


Fig. 11.16. Soluții de principiu folosite la etanșarea rosturilor :

a; *b* — rost vertical, respectiv orizontal, închis cu chit, fără profil de etanșare; *c* — rost vertical închis cu chit și cu profil special de etanșare; *d* — rost vertical deschis, cu profil special de etanșare; *e* — rost orizontal deschis, fără profil de etanșare; *1* — chit; *2* — strat suport deformabil; *3*; *4* — profiluri speciale de etanșare; *5* — bandă compresibilă; *6* — bandă termoizolantă verticală; *7* — bandă termoizolantă orizontală; *8* — folie din PVC.

— prin asamblarea a șase panouri în scopul formării unui paralelipiped rigid (tip cutie).

Elementele spațiale cu cinci fețe pot fi de ***tip pahar*** (fig. 11.17, *a*), la care se toarnă patru pereți și panoul inferior de planșeu (pardoseală) și de *tip calotă* (fig. 11.17, *b*), la care se toarnă patru pereți și panoul superior de planșeu (tavan). Elementele spațiale realizate prin turnare monolită se pot completa cu un panou de planșeu prefabricat, iar în unele cazuri se pot completa și pereții exteriori cu elemente sub formă de panouri prefabricate.

Îmbinările elementelor spațiale, ca și în cazul panourilor mari, trebuie să redea monolitismul structurii. În comparație cu îmbinările panourilor mari, numărul de îmbinări la elementele spațiale este în general mai redus, rezultînd astfel solicitări mai mari ceea ce constituie un dezavantaj. Fiind mai puține, se reduce manopera și numărul etanșărilor la rosturi, ceea ce constituie un avantaj la execuție.

În figura 11.18 se prezintă o variantă de îmbinare a elementelor spațiale cu sudarea armăturilor de continuitate prin intermediul unor plăcuțe metalice.

Fixarea și stabilitatea panourilor mari și a elementelor spațiale supuse la forțe laterale importante se realizează în ultimul timp cu toroane sau cabluri dispuse în rosturile verticale, postîntinse după montarea elementelor prefabricate pe întreaga înălțime a construcției.

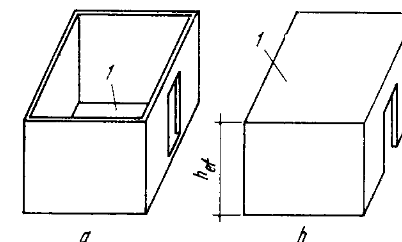


Fig. 11.17. Elemente spațiale :
a — tip pahar; *b* — tip calotă; *1* — planșeu.

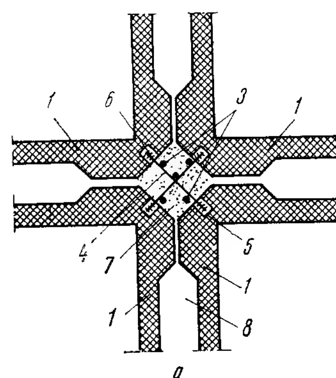


Fig. 11.18. Detalii de îmbinare a elementelor spațiale:
a – la un rost vertical interior; *b* – la un rost vertical exterior; *1* – element spațial; *2* – cheson exterior; *3* – armături verticale; *4* – armături pentru asigurarea continuității în plan orizontal; *5* – plăcuță metalică; *6* – sudură; *7* – rost vertical monolitizat; *8* – gol de aer sau material izolant termic sau fonic.

11.4. PEREȚI PURTAȚI

Funcțiunea pereților purtați este numai de delimitare a spațiului avînd rol de a separa încăperile din cadrul aceleiași unități funcționale (camerele într-un apartament, birouri etc.), unități funcționale între ele (apartamente, birouri, ateliere etc.), sau mediul interior de cel exterior. În funcție de poziția lor pot fi pereți purtați interiori, de compartimentare sau pereți purtați exteriori, de închidere. În categoria pereților purtați se pot distinge: pereți purtați propriu-ziși sau pereți de umplutură.

Prin *pereții purtați propriu-ziși* se înțeleg pereții ușori, care pot fi dispuși pe planșeu oricum, în cadrul unui contur portant (v. fig. 11.2, *a*). Dacă au o greutate mai mică de 500 daN/m, se pot considera ca o încărcare echivalentă uniform distribuită în limitele conturului portant respectiv. În caz contrar se va considera acțiunea lor reală.

Pereții de umplutură se folosesc la clădirile cu structura de rezistență formată din cadre, sînt amplasați în planul cadrelor și suportați, pe înălțimea unui nivel, de riglele acestora (v. fig. 11.2, *b*).

Din condițiile tehnice ale pereților purtați, trebuie reținute, în special, cele fizice și mecanice. În cadrul condițiilor fizice se pun cerințe de izolare fonică la pereții interiori și de izolare termică și fonică la cei exteriori. În cadrul celor mecanice se pun condiții speciale de realizare a unei anumite rezistențe pentru preluarea șocurilor accidentale, iar unde este cazul, pentru a putea suporta instalații tehnico-sanitare (conducte, lavoare etc.) sau pentru a permite atîrnarea unor greutăți (biblioteci suspendate, dulapuri de bucătărie prinse pe pereți etc.).

Se recomandă a se folosi elemente ușoare de compartimentare și de închidere. În acest scop se folosesc din ce în ce mai mult pereții purtați ușori, alcătuiți din mai multe straturi, sub formă de ecrane acustice multiple, cu legături elastice pe contur și între straturile componente, care constituie elemente complexe, adevărate subansambluri și dau posibilitatea obținerii izolării acustice contra zgomotului aerian la greutăți unitare chiar mai mici de 1 000 N/m². De

regulă, fiecare strat de material îndeplinește funcții diferite (de rezistență, etanșeitate, izolare termică sau fonică etc.). La pereții exteriori purtați se indică folosirea materialelor eficiente izolante fonic sau termic ($\gamma_a \leqslant 1\ 000$ N/m³) și cu proprietăți superioare de rezistență și deformabilitate, sub formă de plăci rigide, cu deformabilitate și tasare mică sub încărcări (de exemplu, plăci de polistiren, din vată minerală rigidizată etc.).

11.4.1. PEREȚI PURTAȚI INTERIORI

După materialul utilizat și după tehnologia de execuție pot fi:

— pereți executați la fața locului (din zidărie, pereți speciali cu schelet și elemente de umplutură);

— pereți din elemente prefabricate (plăci, fîșii, panouri).

11.4.1.1. **Pereți purtați din zidărie.** Se realizează prin executarea unei zidării avînd grosimea egală cu cea a pietrelor sau cu lățimea lor. În general, se pot realiza în trei variante:

— din cărămidă obișnuită sau eficientă, blocuri ceramice, blocuri din beton cu goluri, blocuri sau plăci din BCA, plăci din betoane ușoare, pietrele fiind dispuse pe cant (fig. 11.19, *a*). Grosimea peretelui este egală cu dimensiunea mică a pietrei de zidărie;

— din cărămidă, blocuri ceramice, blocuri din BCA, blocuri din beton, cu pietrele dispuse pe lat (fig. 11.19, *b*). Grosimea peretelui este egală cu dimensiunea mijlocie a pietrei;

— din cărămizi speciale (fig. 11.19, *c*), plăci de ipsos, plăci din BCA etc.

Pereții din cărămizi sau blocuri așezate pe cant se execută cu mortar marca M50 și în funcție de mărimea lor și de zona seismică se întăresc cu armături înglobate în rosturi sau cu stîlpișori de beton armat legați de planșee și dacă este cazul și cu centuri intermediare de beton armat.

Practicarea de șlițuri prin spargere, pentru conductele de instalații, este interzisă la pereții cu grosimea de 7,5 cm.

Obiectele sanitare se pot monta pe pereți cu grosimi de cel puțin 12,5 cm. În mod excepțional, se pot monta și pe pereți cu grosimea de 7,5 cm, cu luarea unor măsuri speciale de repartizare a încărcărilor la mai multe rînduri de cărămizi, prin intermediul unor plăci metalice.

În scopul măririi capacității de izolare fonică se pot realiza pereți din două straturi de zidărie și cu strat intermediar de aer sau umplut cu material fonoizolant. Aceste soluții sînt neeconomice, pereții au greutate mare și se folosesc numai în cazuri speciale.

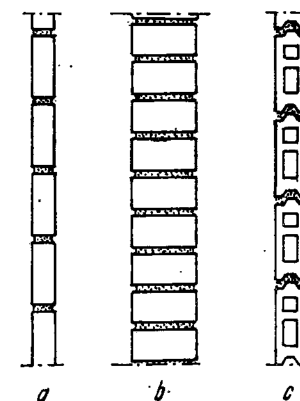


Fig. 11.19. Pereți purtați din zidărie:
a – cu pietrele așezate pe cant; *b* – cu pietrele așezate pe lat; *c* – din cărămizi speciale.

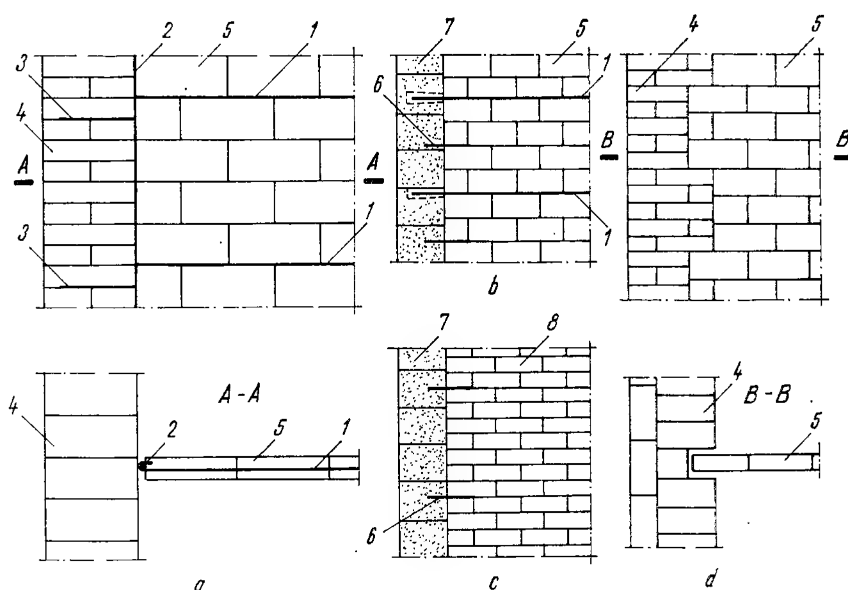


Fig. 11.20. Rigidizarea pereților purtați din zidărie:

a — prin intermediul armăturilor; *b* — cu ajutorul cuielor și armăturilor; *c* — cu ajutorul cuielor; *d* — prin încastrare; *1* — armătură orizontală; *2* — armătură verticală; *3* — ancorarea armăturii verticale în peretele portant; *4* — zidărie portantă din cărămidă; *5* — perete din zidărie pe cant; *6* — cuie; *7* — perete portant din blocuri de BCA; *8* — perete din zidărie pe lat.

Printre avantajele pereților purtați din zidărie se pot menționa: capacitatea corespunzătoare de izolare fonică și prețul de cost relativ redus. Dezavantajele utilizării pereților din zidărie sînt: realizarea lor se face prin procedee umede, manopera este ridicată, nu permit industrializarea, iar productivitatea în execuție este mică.

O problemă specială care se pune la aceste tipuri de pereți este rigidizarea lor, mai ales în cazul grosimilor mici, care se poate face:

— *cu ajutorul armăturilor*, utilizate la legătura cu pereții portanți din zidărie realizați din pietre de marcă ridicată (fig. 11.20, *a*);

— *cu ajutorul cuielor*, în special în cazul pereților portanți din BCA, care permit baterea lor ușoară (fig. 11.20, *b*, *c*);

— *prin încastrare*, numai în cazul cînd asizele au dimensiuni modulate pe baza aceluiași modul (fig. 11.20, *d*).

Tot în cadrul pereților purtați din zidărie, intră și *pereții din dale de sticlă* (*dale Nevada*), cu grosimea de 4 cm; în toate rosturile orizontale și verticale, înainte de montarea dalelor, se dispun bare de oțel-beton ∅ 6...∅ 12 mm care formează o rețea rectangulară (fig. 11.21).

11.4.1.2. **Pereți purtați realizați cu schelet și elemente de umplutură.** Se folosesc la izolarea fonică a unor încăperi speciale, cum ar fi: studiouri de radio și televiziune, săli acustice, auditorii etc. Scheletul se realizează din lemn sau metal, iar umplutura din material fonoizolant, peste care se aplică un strat adecvat cu rol de finisaj și izolare.

11.4.1.3. **Pereți purtați din fîșii prefabricate.** Față de pereții din zidărie, aceștia prezintă o serie de avantaje:

— permit execuția industrializată;

— se reduce manopera pe șantier;

— crește productivitatea la execuție.

Aceste tipuri de pereți se realizează prin dispunerea pe verticală, între două planșee, a fîșiilor prefabricate, care au lungimea egală cu înălțimea camerei (fig. 11.22).

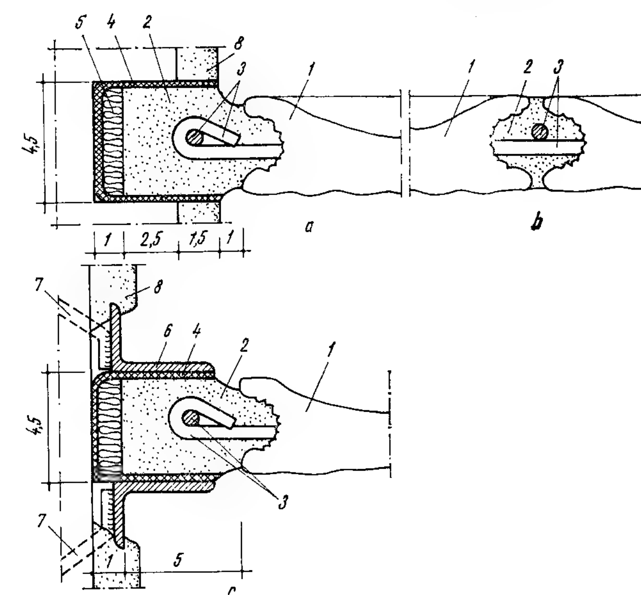


Fig. 11.21. Pereți din dale de sticlă tip *S*:

a; *c* — detalii de îmbinare cu perete sau planșeu; *b* — detaliu de rost orizontal sau vertical; *1* — dală de sticlă; *2* — mortar de ciment; *3* — armătură; *4* — carton sau pînză bitumată; *5* — spațiu de dilatare umplut cu polistiren, PFL poros sau pîslă minerală; *6* — profil cornier 45 × 28 × 7; *7* — prazn; *8* — tencuială.

Ca tipuri de fîșii folosite se pot menționa:

— fîșii din ipsos, pline, cu goluri sau cu structura fagure (fig. 11.23, *a*);

— fîșii din beton celular autoclavizat (fig. 11.23, *b*);

— fîșii din produse superioare din lemn, PFL și PAL (fig. 11.23, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*);

— fîșii din materiale plastice (fig. 11.23, *k*);

— fîșii din profiluri de sticlă, *profilit* (fig. 11.23, *l*).

În cazul pereților purtați din fîșii se pun probleme de rezolvare a îmbinărilor între fîșii (fig. 11.24) și la prinderea de tavan și de pardoseală (fig. 11.25). Aceste îmbinări trebuie să fie capabile să preia șocurile orizontale accidentale și să le transmită elementelor structurale. Îmbinarea la partea de sus trebuie să fie elastică pentru a permite deplasarea liberă a planșeului superior, fără să producă încărcarea peretelui, ceea ce ar conduce la deteriorarea lui prin fisurare sau flambaj. Îmbinările la partea inferioară se realizează prin împănare care are drept scop ridicarea fîșiilor și fixarea lor la partea de sus prin asigurarea unei anumite presiuni, care însă datorită prezenței materialului elastic, permite deplasarea liberă a planșeului superior.

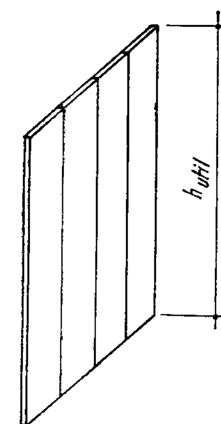


Fig. 11.22. Schema pereților purtați realizați din fîșii prefabricate.

11.4.1.4. **Pereți purtați din panouri.** Au dimensiunea egală cu un perete sau o jumătate de perete, permit cel mai înalt grad de industrializare și cea mai rapidă execuție.

Se pot realiza dintr-un singur strat sau din mai multe, în funcție de gradul de izolare fonică necesar. Îmbinările se fac ca și în cazul pereților din fîșii.

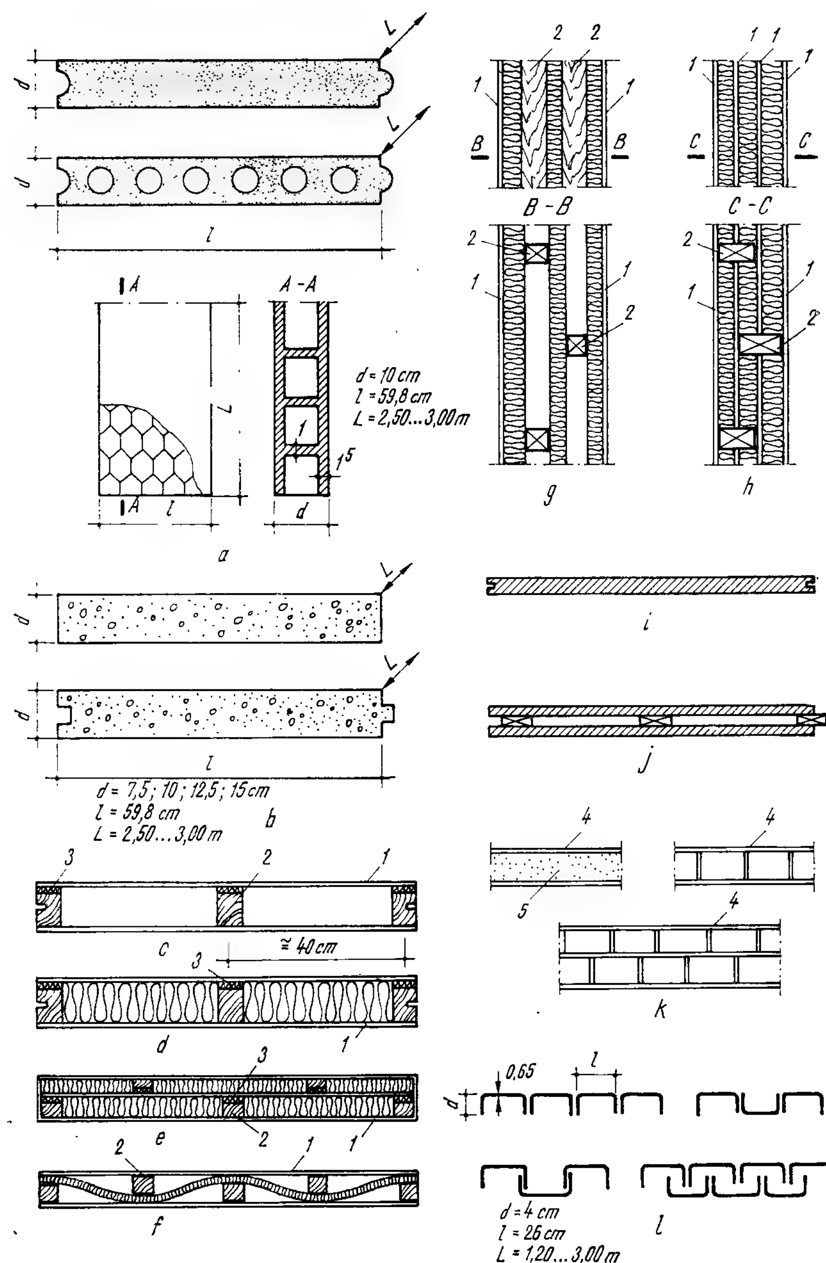


Fig. 11.23. Fîşii prefabricate pentru pereţi :

a – fîşii din ipsos ,pline, cu goluri şi sistem fagure: *b* – fîşii din BCA, cu canturi drepte şi cu lambă şi uluc; *c* – fîşie din PFL, cu gol de aer; *d* – fîşie din PFL, cu miez fonoizolant; *e* – fîşie din PF.L, realizată în două straturi; *f* – fîşie din PFL, cu saltele din vată minerală; *g* – fîşie din PFL cu două straturi de aer; *h* – fîşie din PFL, în trei straturi; *i* – fîşie din PAL, realizată într-un singur strat; *j* – fîşie din PAL, realizată cu gol de aer; *k* – fîşii din materiale plastice cu miez izolant şi cu structură fagure în două sau în trei straturi; *l* – fîşii din profiluri de sticlă (profilit) în unu sau două straturi; *1* – PFL dur; *2* – schelet din lemn; *3* – legătură elastică; *4* – strat vizibil din materiale plastice; *5* – miez fonoizolant din materiale plastice expandate.

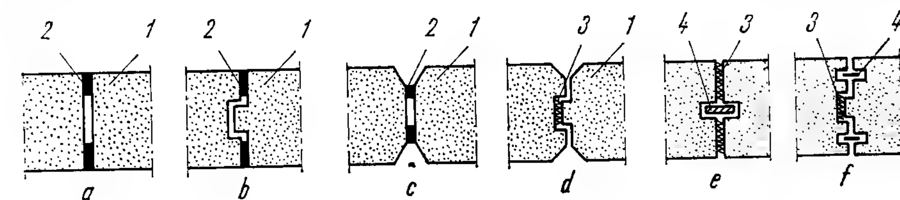


Fig. 11.24. Îmbinarea fîşiilor de perete la rosturile verticale :

a; *b* – cu mortar adeziv în rosturi mascate; *c* – cu mortar adeziv în rosturi aparente; *d* – cu lambă şi uluc, la pereţii demontabili; *e*; *f* – cu plăcuţe de îmbinare; *1* – fîşie de perete; *2* – mortar adeziv; *3* – material elastic (vată minerală, spumă elastică de poliuretan etc.); *4* – plăcuţă de îmbinare din lemn, metal sau PFL dur.

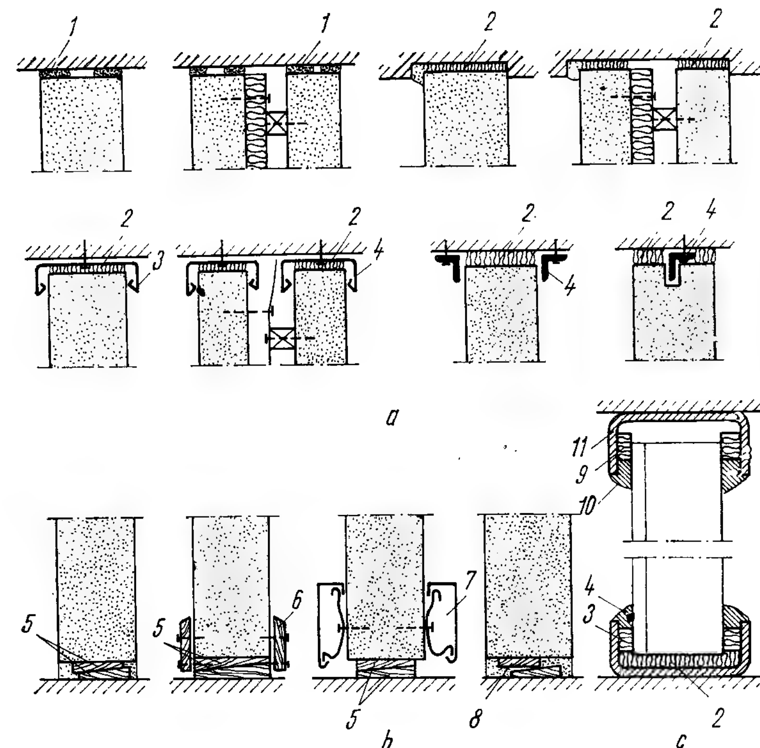


Fig. 11.25. Fixarea fîşiilor de perete :

a – la partea de sus cu mortar adeziv, cu uluc praticat în placă sau grindă, cu profiluri din tablă sau cu corniere; *b* – la partea inferioară cu pene din lemn şi mortar de matare, cu pene şi pervazuri din lemn, cu pene şi profiluri din materiale plastice sau cu plăcuţă din beton şi pană de lemn; *c* – montarea profilitului; *1* – mortar adeziv; *2* – material plastic; *3* – profil din tablă; *4* – profil cornier; *5* – pene din lemn; *6* – pervaz din lemn; *7* – profil din material plastic; *8* – plăcuţă de beton; *9* – bandă din polistiren expandat; *10* – chit; *11* – profil metalic.

11.4.2. PEREŢI PURTAŢI EXTERIORI

În scopul micşorării încărcărilor pe structura de rezistenţă, se caută ca pereţii purtaţi exteriori (ca dealtfel şi cei interiori) să aibă o greutate cît mai redusă. Faţadele clădirilor realizate din elemente de închidere avînd greutăţi mici în comparaţie cu elementele de rezistenţă, constituie aşa-zisele *faţade uşoare*.

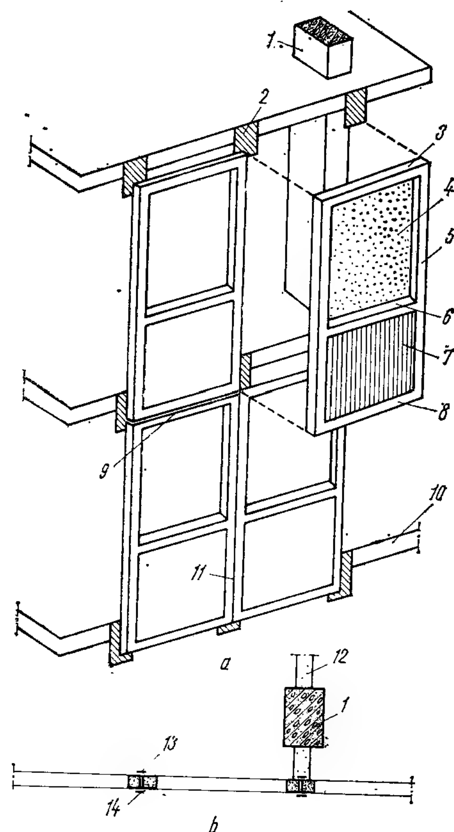


Fig. 11.26. Schema de montaj a unei fațade-cortină din panouri:

a – vedere; *b* – secțiune; *1* – stîlp din beton armat retras de la fațadă; *2* – legătură reglabilă pe trei direcții; *3* – traversă superioară; *4* – tîmplărie; *5* – montant; *6* – traversă mediană; *7* – parapet; *8* – traversă inferioară; *9* – îmbinare orizontală; *10* – planșeu; *11* – îmbinare verticală; *12* – perete despărțitor; *13* – baghetă pentru acoperirea rostului interior; *14* – baghetă pentru acoperirea rostului exterior.

Realizarea acestor elemente se face, de obicei, sub formă de panouri prefabricate care se montează. Soluția se aplică, în special, în cazul clădirilor cu structură în cadre, dar se poate folosi și la clădiri cu pereți portanți avînd distribuția fagure sau chiar celulară.

În ceea ce privește concepția fațadelor ușoare, se pot distinge următoarele moduri generale de alcătuire:

— fațade-cortină (pereți-cortină);
— fațade din panouri de umplutură;
— fațade semicortină;
— fațade din sticlă.

11.4.2.1. **Fațade-cortină.** Caracteristica principală a fațadelor-cortină este că panourile trec prin fața planșeelor, peretele exterior fiind, în ansamblu, asemănător cu o cortină care maschează structura de rezistență.

Există două sisteme de prindere a panourilor:

— direct de planșee, cu ajutorul unor dispozitive de fixare așezate obișnuit la colțuri (fig. 11.26);

— pe rigle verticale, pe rigle orizontale sau pe rigle amplasate pe ambele direcții (fig. 11.27 și 11.28).

Poziția stîlpilor față de panouri poate fi:

— în spatele acestora, la limită sau retrași (fig. 11.29, *a*, *b*);

— în dreptul panourilor (fig. 11.29, *c*, *d*).

11.4.2.2. **Fațade din panouri de umplutură.** Spre deosebire de fațadele-cortină, panourile de umplutură sau panourile de fațadă se montează între planșee, care rămîn aparente.

Montarea panourilor se poate face:

— direct pe planșee;

— prin intermediul unor rigle sau cadre (fig. 11.30).

În figura 11.31 se prezintă diverse detalii de montare a panourilor de umplutură, în funcție de poziția relativă a acestora față de stîlpi.

11.4.2.3. **Fațade semicortină.** La aceste tipuri de fațade există un parapet obișnuit, în exteriorul căruia se montează independent fațada propriu-zisă. Parapetul se realizează din materiale tradiționale: zidărie de cărămidă, de BCA, din beton monolit etc. În figura 11.32 se prezintă cîteva soluții de fațade semicortină.

Acest sistem (folosit foarte mult în S.U.A.) are o serie de avantaje și dezavantaje. Ca avantaje se pot menționa:

— se pot simplifica racordurile parapet-stîlp;

— șocurile accidentale sînt preluate direct de parapet;

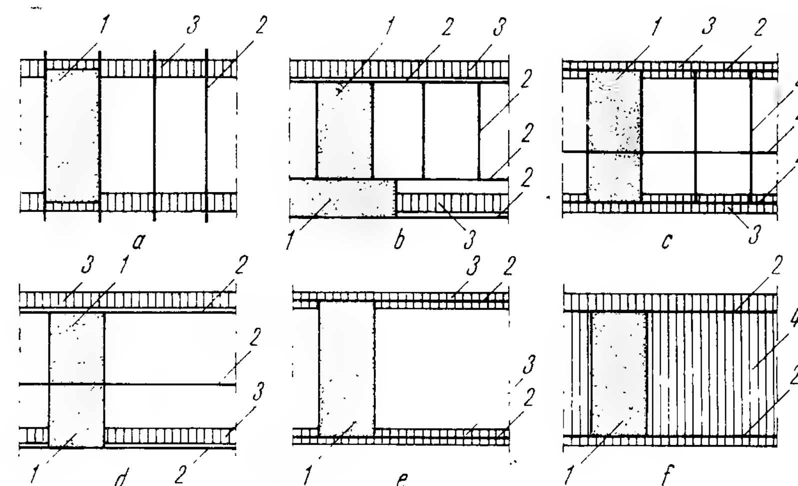


Fig. 11.27. Montarea panourilor cortină:

a – pe rigle verticale; *b* – pe rigle verticale și orizontale cu evidențierea elementelor orizontale de rezistență; *c* – pe rigle așezate pe două direcții; *d*; *e* – pe rigle orizontale; *f* – pe un perete din zidărie; *1* – panou-cortină; *2* – riglă; *3* – planșeu; *4* – perete din zidărie.

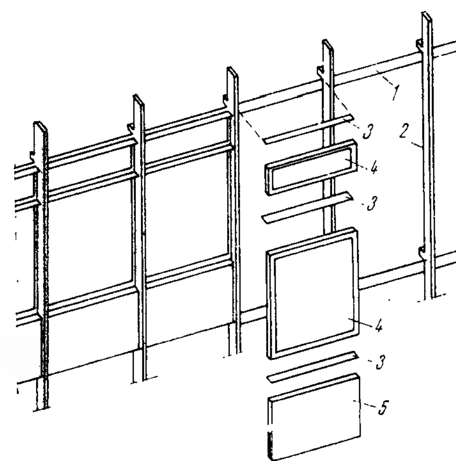


Fig. 11.28. Panou pentru fațadă-cortină realizat din elemente separate, montate pe rigle verticale:

1 – planșeu; *2* – riglă verticală; *3* – traversele panoului; *4* – tîmplăria panoului; *5* – parapetul panoului.

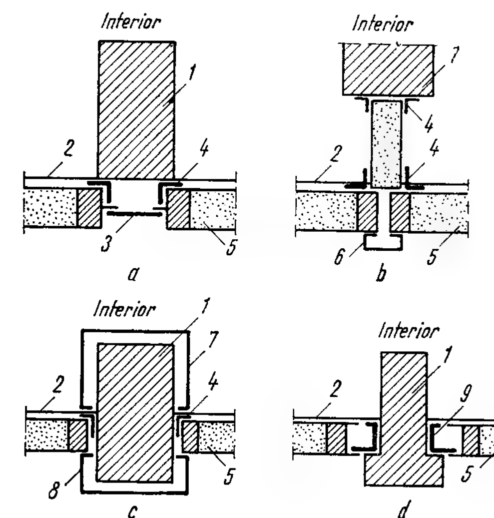


Fig. 11.29. Schema de îmbinare între panourile-cortină și stîlpi:

a – cu panouri montate la limita exterioară a stîlpului; *b* – cu stîlpi retrași de la fațadă; *c* – cu stîlp proeminent, mascat cu profiluri din tablă; *d* – cu stîlp proeminent în fațadă; *1* – stîlp; *2* – limită exterioară a planșeului; *3* – platbandă verticală de îmbinare între panouri; *4* – cornier vertical continuu; *5* – panou-cortină; *6* – profil pentru acoperirea rostului; *7* – profil metalic pentru mascarea interioară a stîlpului (eventual); *8* – profil metalic pentru mascarea exterioară a stîlpului; *9* – profil metalic continuu pentru fixarea panoului-cortină.

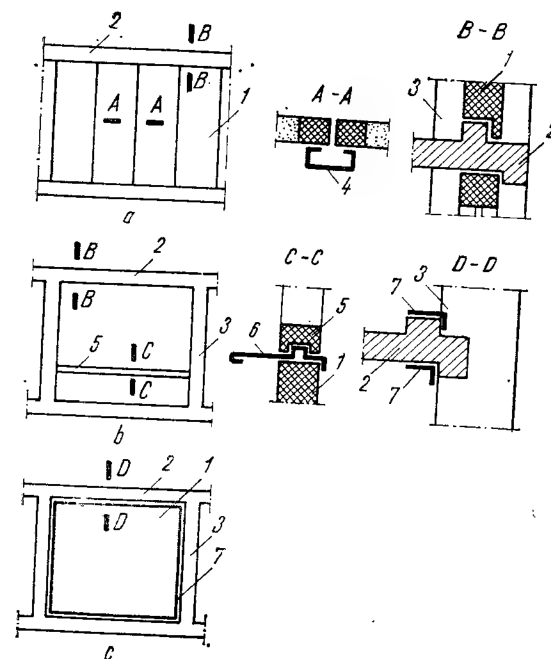


Fig. 11.30. Scheme de montaj pentru fațade din panouri de umplutură :

a — cu rigle verticale ; *b* — cu traversă orizontală ; *c* — cu cadru din profil cornier ; *1* — panou ușor ; *2* — grinda cadrului sau planșeului ; *3* — stîlpul de rezistență al cadrului ; *4* — riglă verticală pentru fixarea panourilor de umplutură ; *5* — traversă ; *6* — solbanc din tablă ; *7* — cadru din profil cornier.

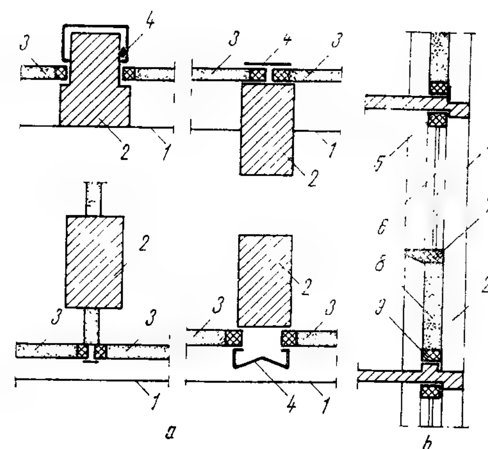


Fig. 11.31. Îmbinări între panourile de umplutură și stîlpi :

a — secțiuni orizontale ; *b* — secțiune verticală ; *1* — limita exterioară a planșeului ; *2* — stîlp din beton armat ; *3* — panou ușor de umplutură ; *4* — profiluri metalice sau din materiale plastice pentru mascarea stîlpilor sau a rosturilor ; *5* — traversa superioară a panoului ; *6* — tîmplărie ; *7* — traversa mediană ; *8* — parapetul panoului ; *9* — traversa inferioară a panoului.

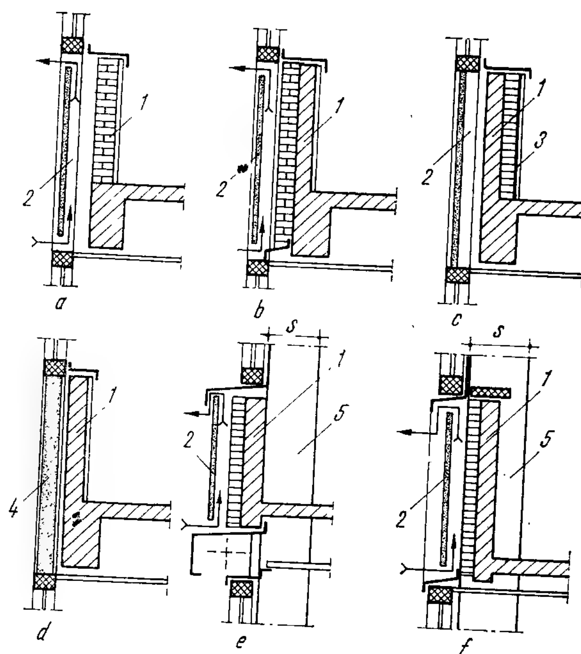


Fig. 11.32. Tipuri de fațade cortină :

a — cu parapet din zidărie de cărămidă cu strat de aer ventilat prin panourile de fațadă ; *b* — cu parapet din beton și zidărie de cărămidă cu strat de aer ventilat prin panourile de fațadă ; *c* — cu parapet din beton și zidărie de cărămidă etanșat cu barieră de vapori ; *d* — cu panou-cortină amplasat în fața parapetului de beton ; *e* — cu parapet din beton și zidărie, ventilat prin panourile de fațadă amplasat în fața stîlpului ; *f* — cu parapet din beton și zidărie, ventilat prin panourile de fațadă, amplasat între stîlpi ; *s* — lățimea stîlpului ; *1* — parapet ; *2* — panou de fațadă ; *3* — barieră de vapori ; *4* — panou cortină ; *5* — stîlp.

— parapetele grele izolează acustic mai bine decît cele ușoare ;
— parapetele din beton armat pot contribui la rigiditatea de ansamblu a clădirii ;
— fereastra se montează mai ușor cînd se amplasează în dreptul parapetului.

Ca dezavantaje se pot cita :
— peretele devine mai greu și se mărește încărcarea transmisă asupra structurii de rezistență ;
— se reduce suprafața utilă ;
— manipularea elementelor de parapet cînd sînt prefabricate este mai dificilă decît a panourilor ușoare ;
— dacă parapetele se execută pe loc din zidărie sau beton monolit, se lungește durata de execuție a clădirii.

11.4.2.4. **Pereți din sticlă.** Peretele din sticlă este un element arhitectural caracterizat prin utilizarea pe o suprafață mare a produselor din sticlă transparentă sau translucidă, ale cărei părți opace (de regulă osatură) se reduc la minimum pentru a asigura o iluminare uniformă, a permite o vedere fără obstacole de la interior spre exterior sau invers și pentru a conserva în fațadă partiul de arhitectură adoptat.

Ca și fațadele ușoare, pereții din sticlă trebuie să protejeze împotriva agenților atmosferici : ploaie, vînt, însorire, temperatură scăzută, zgomote etc. De regulă nu se poate realiza o izolare termică ridicată, ceea ce le predestinează unor locuri de trecere : holuri, garaje, fațade ale sălilor de expoziții, muzee, săli de sport, casa scării etc., pentru care cerințele de confort sînt mai puțin severe decît la clădirile de locuit.

După osatura (scheletul) utilizată, pereții din sticlă se clasifică în patru categorii :
— *panouri cu osatură aparentă* din grile metalice, de lemn sau beton armat care suportă peretele de sticlă ;
— *pereți din sticlă pe elemente de susținere* din lemn, metal sau beton armat care nu apar în fațadă. Legătura panourilor din sticlă pe structura de rezistență se face, de regulă, la colțuri prin intermediul unor piese metalice ce se prind din interior ;
— *pereți din sticlă cu elemente de susținere și de contravîntuire din sticlă*, utilizați pentru dimensiuni relativ reduse ale panourilor, 5...6 m². Eforturile sînt transmise de la un element la altul prin intermediul unor piese metalice de dimensiuni reduse. Etanșeitatea se realizează prin încleiere sau prin îmbinări plastice ;
— *pereți autorezistenți din sticlă* care în secțiune orizontală prezintă o formă ondulată, de exemplu, profilit. Ansamblul este prins elastic pentru a se putea adapta la mișcările structurii de rezistență.

11.4.2.5. **Alcătuirea panourilor pentru pereții exteriori purtați.** Ca soluții de principiu se pot distinge trei tipuri de panouri :
— *panouri ventilate*, prevăzute cu strat de aer care comunică cu atmosfera în partea de jos și de sus și care separă paramentul exterior de panou (fig. 11.33, *a*). Stratul de aer ventilat are rolul ca pe timp de vară să evacueze căldura rezultată în paramentul exterior de iradierea solară, iar pe timp de iarnă să elimine vaporii de apă, care migrează spre exterior. Concepția unui panou ventilat trebuie să fie determinată, în principal, de permeabilitatea P_i a stratului interior al panoului. Conform normelor franceze, dacă P_i este mai mare de 60 g/m²/24 ore, pentru o diferență de presiune de 45 mm Hg, este necesară și barieră de vapori ; dacă P_i este de 15 ... 60 g/m²/24 ore, secțiunea utilă a

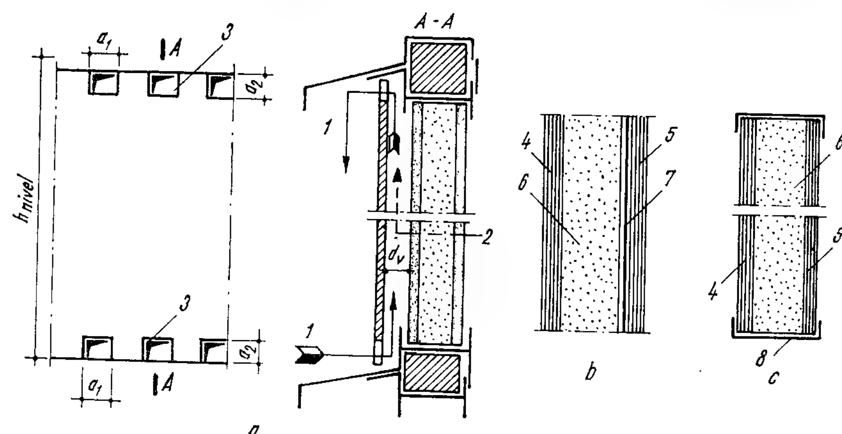


Fig. 11.33. Tipuri de panouri pentru pereții purtați, exteriori :
a – panou ventilat ; *b* – panou respirant ; *c* – panou etanș ; *1* – circulația aerului exterior ; *2* – circulația vaporilor de apă din interior ; *3* – orificii de ventilare cu dimensiunile $a_1 \times a_2$; *4* – strat exterior ; *5* – strat interior ; *6* – strat termoizolant; *7* – barieră de vapori; *8* – profil pentru etanșarea cantului ; d_v – grosimea stratului ventilat.

orificiilor de ventilare trebuie să fie mai mare de 50 cm²/m de fațadă, avînd dimensiunea minimă de 1 cm și dacă P_i este sub 15 g/m²/24 ore, suprafața orificiilor trebuie să fie mai mare de 10 cm²/m ;

— *panouri respirante* (fig. 11.33, *b*), cu permeabilitatea la vapori mai mică de 5 g/m²/24 ore. Pentru evitarea condensului pe fața interioară a stratului exterior, dacă P_i este mai mare de 15 g/m²/24 ore, stratul exterior poate să aibă o permeabilitate P_e mai mică decît 3 P_i. Dacă miezul este higroscopic, atunci P_e trebuie să fie mai mare decît 3 P_i și decît 50 g/m²/24 ore ;

— *panouri etanșe* (fig. 11.33, *c*), la care straturile, interior și exterior, au o permeabilitate neglijabilă (mai mică de 1 g/m²/24 ore), astfel că vaporii de apă nu intră în interiorul panoului.

Panourile respirante, ca și cele etanșe, pot avea un strat de aer neventilat (staționar) cu rol de izolare termică.

În ceea ce privește structura panoului de perete, fiecare strat component are o funcție bine precizată, participînd la realizarea funcției complexe a peretelui.

În principiu, structura panoului se poate diviza în trei zone principale (fig. 11.34) : zona exterioară, miezul și zona interioară.

Zona exterioară cuprinde următoarele straturi :

— *paramentul exterior* (acoperirea) din film sau vopsea, cu rol de etanșare, de protecție contra coroziunii și estetic ;

— *stratul exterior*, care poate fi separat sau nu de celelalte straturi (panou cu sau fără strat de aer izolant) și care are rol de protecție (scut) împotriva agenților naturali (ploaie, vînt, însorire) și a acțiunilor accidentale (șocuri) ;

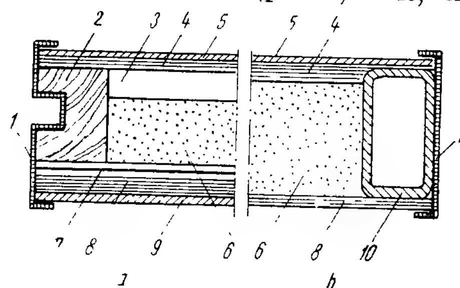


Fig. 11.34. Secțiune orizontală printr-un panou purtat, exterior :
a – cu strat de aer ventilat și cadru din lemn ; *b* – cu cadru de rigidizare din tablă ambutisată și panoul realizat fără strat de aer ventilat ; *1* – profil de etanșare pentru cant ; *2* – cadru din lemn ; *3* – strat de aer ventilat ; *4* – strat exterior ; *5* – acoperirea sau paramentul exterior ; *6* – miez izolant ; *7* – barieră de vapori ; *8* – strat interior ; *9* – parament interior ; *10* – cadru de rigidizare din tablă ambutisată.

— *contraparamentul exterior*, care completează, dacă este necesar, calitățile mecanice și realizează planeitatea și rigiditatea zonei exterioare.

Acoperirea și stratul exterior pot fi un singur material cu rol dublu (sticlă emailată sau nu, plăci din azbociment, tole din aluminiu, din oțel emailat sau din oțel inoxidabil etc.).

Miezul este format din următoarele elemente :

— *cadrul*, care constituie osatura și permite prinderea panoului ; dacă stratul izolant este rigid și solidarizat de stratul interior prin lipire, cadrul poate să lipsească ;

— *stratul de aer ventilat*, care la panourile etanșe și respirante poate să lipsească ;

— *stratul izolant*, care trebuie să se realizeze astfel încît să se evite tasarea lui ; dacă panoul este prevăzut cu strat de aer ventilat, trebuie luate măsuri pentru evitarea strangulării acestuia în urma tasării stratului izolant, realizat necorespunzător.

Zona interioară cuprinde :

— *bariera de vapori ;*

— *contraparamentul interior*, avînd același rol ca și cel exterior ;

— *stratul interior*, care se opune trecerii vaporilor de apă, are rezistență la șocuri și constituie elementul de acoperire, protector și decorativ.

11.4.2.6. Îmbinarea panourilor la pereți exteriori, purtați. La pereții exteriori, purtați, îmbinările se realizează între panouri și structura de rezistență, între diversele panouri, iar în cadrul unui panou, între elementele sale componente.

Aceste îmbinări trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să fie practice ;

— să permită variațiile dimensionale ale elementelor (dilatări, scurtări), deformațiile de tasare ale structurii, deformațiile grinzilor, buiandrugilor sau ale plăcilor sub încărcări ;

— să ofere rezistența mecanică necesară ;

— să fie etanșe, în care scop se prevede un material plastic sau elastic care să permită dilatarea și contragerea, asigurînd etanșeitatea la aer și apă.

Pentru a-și îndeplini rolul, materialele elastice trebuie strînse pe elementele de îmbinare cu diverse mijloace (buloane, șuruburi, baghete). În cazul îmbinărilor preformate, contactul și stringerea se realizează prin elasticitatea profilurilor de îmbinare (fig. 11.35). Cordoanele elastice sînt profiluri prefabricate ;

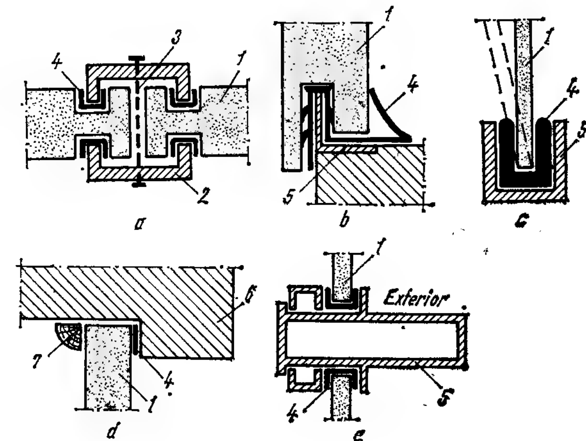


Fig. 11.35. Principii de îmbinare :
a – îmbinare cu eclisă ; *b* – îmbinare preformată ; *c* – deformarea unei îmbinări sub efectul vîntului ; *d* – îmbinare la planșeul superior ; *e* – îmbinare verticală între două panouri ; *1* – panou de fațadă ; *2* – eclisă metalică ; *3* – bulon de strîngere ; *4* – cordon elastic ; *5* – profil metalic pentru fixarea panoului ; *6* – grinda structurii de rezistență ; *7* – baghetă pentru acoperirea rostului.

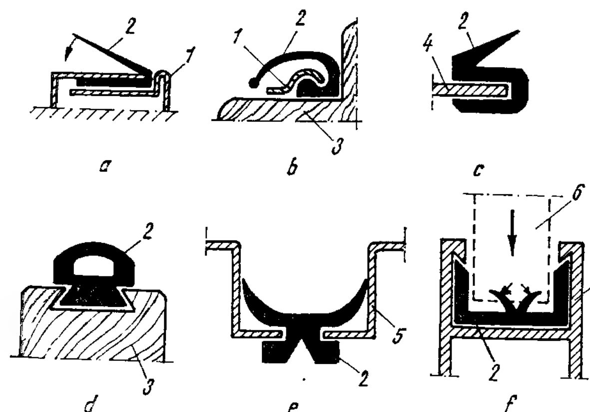


Fig. 11.36. Procedee de fixare a îmbinărilor:

a — cu două bride metalice; *b* — pe tîmplărie din lemn cu bridă metalică; *c* — cu baghetă metalică introdusă în lamba cordonului elastic; *d* — cu profil elastic în formă de coadă de rîndunică; *e* — prin îmbucarea profilului elastic în profiluri de metal sau lemn; *f* — prin inserția panoului într-un profil; *1* — bridă metalică; *2* — cordon elastic; *3* — tîmplărie de lemn; *4* — baghetă metalică; *5* — profil metalic; *6* — panou de fațadă.

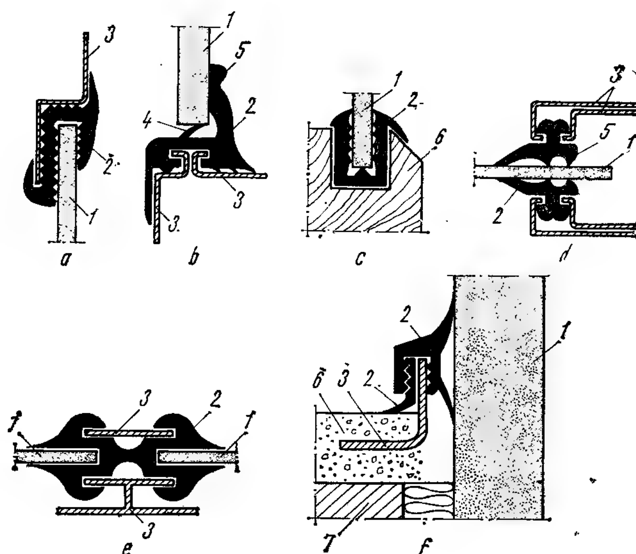


Fig. 11.37. Realizarea etanșeității și posibilităților de dilatare:

a — prin striuri; *b* — prin buze de etanșare; *c* — cu profil elastic sub formă de lambă; *d* — prin nervurile profilului elastic; *e* — prin înglobarea a două profiluri metalice; *f* — la îmbinarea plintei cu panoul; *1* — panou de fațadă; *2* — profil de etanșare; *3* — profil metalic; *4* — buză de etanșare; *5* — nervură de etanșare; *6* — pardoseală.

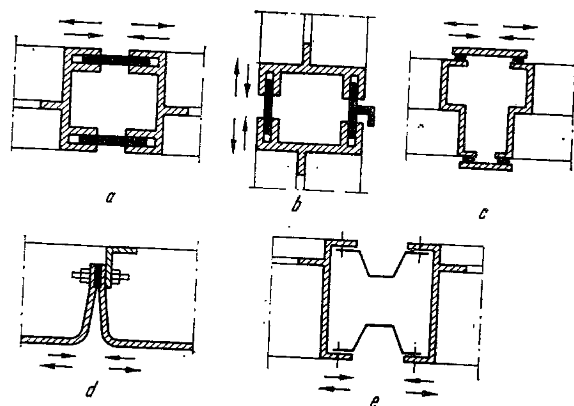


Fig. 11.38. Îmbinări elastice între panourile de fațadă:

a — cu lambă și uluc, în secțiune orizontală; *b* — cu lambă și uluc, în secțiune verticală; *c* — cu eclise de îmbinare, în secțiune orizontală; *d* — prin asamblarea margine la margine, forma panourilor asigurînd deformarea în îmbinare; *e* — cu profiluri de forme speciale care permit dilatarea rostului.

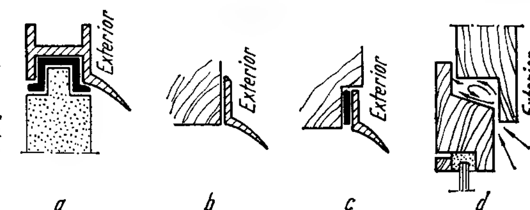


Fig. 11.39. Protejarea îmbinărilor orizontale:

a; *b*; *c* — cu lăcrimar care asigură scurgerea apelor meteorice; *d* — cu falț și rost de decompresiune (laminare) a aerului.

uneori, ele se pot alcătui la fața locului prin pomparea unei soluții care ulterior se solidifică. Forma profilului se alege astfel încît să asigure condițiile unei îmbinări.

Fixarea profilurilor se poate face în diferite moduri: cu baghete metalice, cu profiluri în formă de coadă de rîndunică etc. (fig. 11.36).

Etanșarea și dilatarea, condiții care trebuie îndeplinite simultan la îmbinările panourilor, se pot realiza pe baza elasticității profilurilor de etanșare (fig. 11.37) sau pe baza unor îmbinări elastice (fig. 11.38).

Îmbinările, în special cele orizontale, trebuie protejate împotriva intemperiilor, radiației solare etc. (fig. 11.39).

În figurile 11.40; 11.41 și 11.42 se prezintă diverse detalii de îmbinare și fixare a panourilor-cortină.

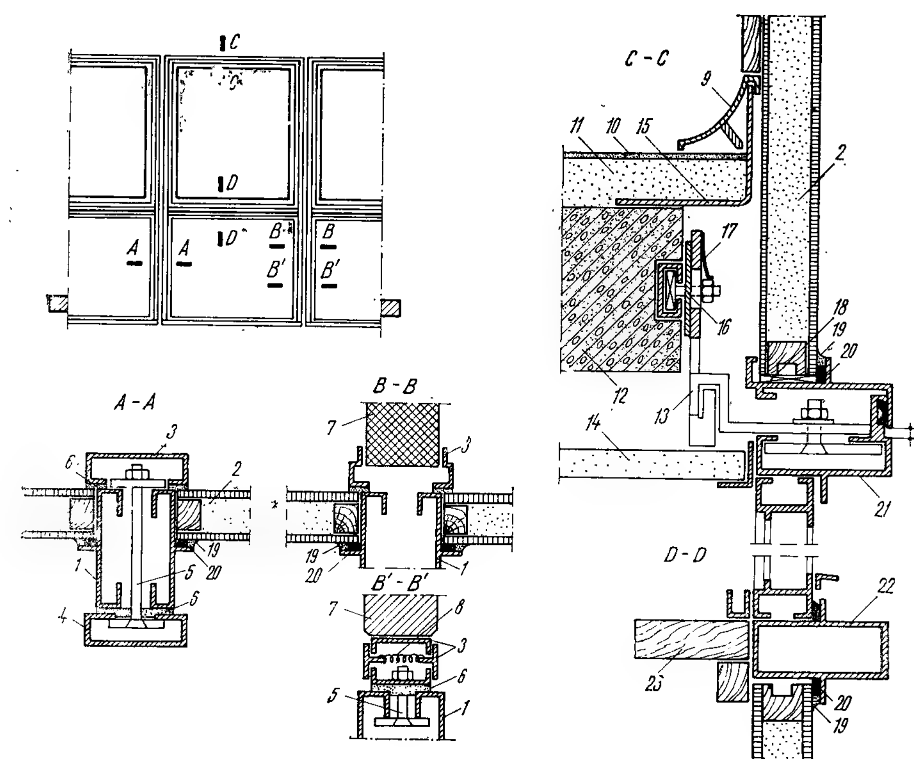


Fig. 11.40. Detalii de îmbinare la o fațadă-cortină realizată din panouri triplustrat:

1 — montant pentru îmbinarea a două panouri; *2* — panou triplustrat; *3* — profil vertical interior; *4* — profil vertical exterior; *5* — șurub de strîngere; *6* — îmbinare elastică; *7* — perete despărțitor; *8* — resort elastic; *9* — plintă; *10* — stratul de uzură al pardoselii; *11* — șapă; *12* — placa de rezistență a planșeului; *13* — cîrlig; *14* — tavan fals; *15* — bandă de oțel; *16* — eclisă de reglare; *17* — plăcuțe de blocare a piuliței bulonului de susținere a panoului; *18* — fururã; *19* — mastic elasto-plastic; *20* — neopren; *21* — traversa superioară; *22* — traversa mediană; *23* — glaf din lemn; Δ — spațiu pentru asigurarea jocului pe verticală.

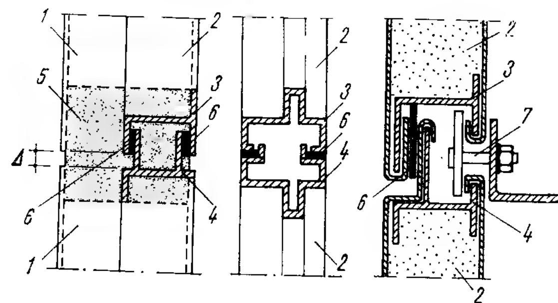


Fig. 11.41. Variante de îmbinări orizontale între panourile-cortină:

1 — montant vertical; *2* — panou; *3* — traversa inferioară a panoului superior; *4* — traversa superioară a panoului inferior; *5* — furură pentru îmbinarea montanților; *6* — cordon elastic; *7* — șurub de fixare; Δ — spațiu pentru asigurarea jocului pe verticală.

11.4.2.7. **Materiale utilizate la fațadele ușoare.** Printre cele mai folosite materiale la realizarea fațadelor ușoare se pot menționa: oțelul, aluminiul, azbocimentul, lemnul, materialele plastice, sticla, materialele de izolare termică și de etanșare.

Oțelul se poate folosi sub formă de produse laminate, tablă, piese turnate. Protecția se realizează prin galvanizare, vopsire sau emailare. La contactul cu alte metale, pentru evitarea formării pilelor electrice, se vor folosi materiale izolatoare (vopsea, rășini sintetice etc.). Din oțel se pot realiza cadre pentru panouri, grile de montaj, profiluri pentru acoperirea rosturilor, tîmplărie, stratul exterior al panoului (tablă de 0,4...1 mm netedă, nervurată sau ambutisată), profiluri pentru acoperirea elementelor structurale (de exemplu, a stîlpilor), eclise de îmbinare, dispozitive de etanșare, elemente decorative sau de protecție (para-solare, copertine, jaluzele). În figura 11.43 se prezintă cîteva exemple de folosire a oțelului la panourile ușoare de fațadă.

Aluminiul se folosește sub formă de produse laminate (table lise, profilate sau ondulate), trefilate (bare, tuburi, profiluri) sau turnate (piese de acoperire, de fixare, de asamblare etc.). Produsele din aluminiu se pot asambla cu sudură

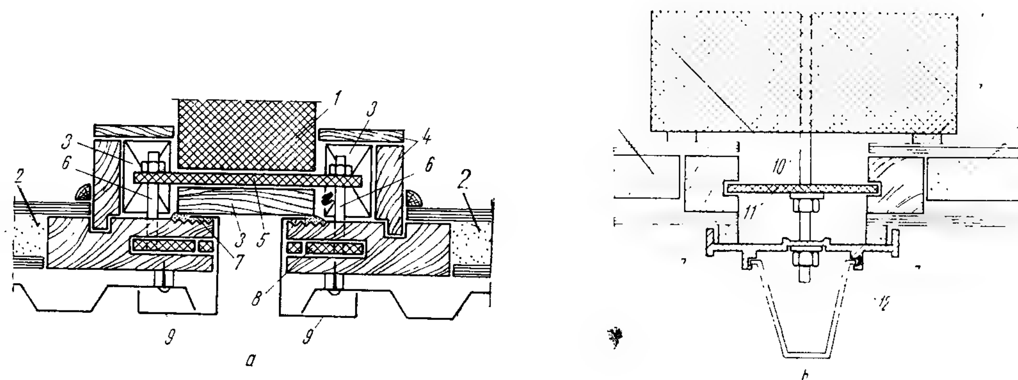


Fig. 11.42. Detalii de fixare pe stîlpi a panourilor-cortină cu osatură din lemn:

a — cu rostul aparent; *b* — cu rostul mascat; *1* — stîlp prefabricat din beton armat; *2* — panou-cortină cu strat de aer ventilat; *3* — furură din lemn; *4* — dulapi din lemn pentru acoperirea îmbinării la interior; *5* — piesă metalică pentru fixarea panourilor-cortină; *6* — tijă filetată cu piuliță pentru strîngerea îmbinării; *7* — cordon elasto-plastic; *8* — piesă din oțel înglobată în osatura panoului; *9* — profil metalic pentru acoperirea colțului la exterior; *10* — tijă filetată înglobată în stîlpul prefabricat; *11* — platbandă pentru fixarea panourilor; *12* — profiluri de închidere a rostului exterior.

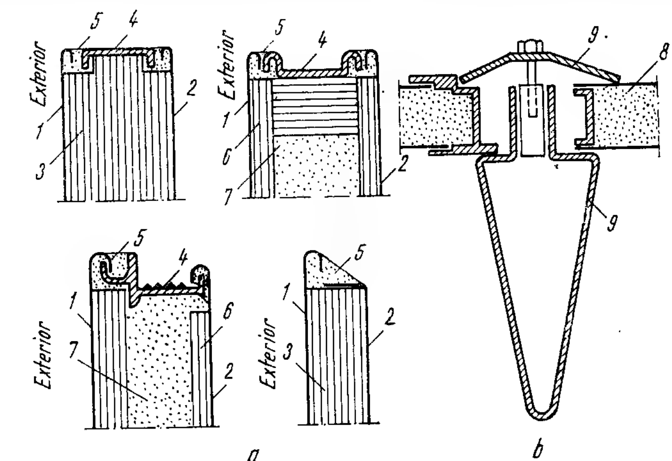


Fig. 11.43. Exemple de utilizare a oțelului la fațadele ușoare:

a — la realizarea paramentelor exterioare și interioare a panourilor cortină; *b* — la piese de îmbinare și acoperire; *1* — parament exterior din tablă emailată; *2* — parament interior din oțel galvanizat; *3* — material izolant rigid; *4* — profil din materiale plastice; *5* — rost acoperit cu rășini sintetice; *6* — contraparament; *7* — miez izolant; *8* — panou izolant; *9* — profiluri de îmbinare, mascare și etanșare a rosturilor.

prin puncte (fig. 11.44) sau prin lipire. Protecția aluminiului se realizează prin galvanizare, conversiune chimică, vopsire sau emailare. În general, aluminiul are aceleași aplicații ca și oțelul.

Azbocimentul se folosește sub formă de plăci plane, striate, cu caneluri sau ondulate. Pentru a se realiza durabilitatea și aspectul estetic, plăcile se acoperă cu un strat pe bază de cauciuc clorat, cu rășini sintetice (epoxidice, poliuretane sau acrilice), cu produse minerale (glasal) sau metalice (foi plane sau nervurate cu grosimea de cîteva zecimi de mm) sau prin vopsire. Azbocimentul se folosește pentru paramentul exterior și interior.

Lemnul de rășinoase sau foioase se folosește ignifugat și protejat contra agenților biologici sub formă de produse din lemn; placaj (folosit la paramente exterioare și interioare), panouri din PFL sau din PAL.

Materialele plastice se folosesc sub formă de plăci plane sau ondulate, panouri de umplutură etc. Ele sînt durabile, au greutate mică și prezintă ușurință la montaj. Produsele termoplaste se folosesc pentru osatură (cadre de panou, eclise de îmbinare), straturi de acoperire a panourilor, straturi izolante termic, pentru etanșare, pentru acoperirea altor materiale (rol de protecție), ca material adeziv. Produsele termorigide se folosesc în panou (parament sau strat izolant termic), pentru protecție, ca material adeziv. Elastomerii se utilizează sub formă de spumă de izolare, ca strat de protecție, ca material adeziv.

Sticla se folosește la panouri ventilate ca parament exterior, pentru parapete transparente sau translucide, pentru pereți din sticlă.

Izolarea termică a panourilor se poate face cu materiale organice (paie, puzderii, plută, PFL poros), cu materiale minerale fibroase (vată minerală, vată de sticlă), cu spume de sticlă sau de mase plastice (polistiren expandat, clorură de polivinil expandată și întărită, poliuretan rigid, spume fenolice etc.).

Materialele pentru îmbinare folosite în mod curent sînt:

— masticuri de etanșare;

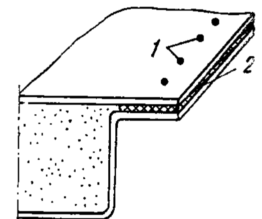


Fig. 11.44. Asamblarea cu sudură prin puncte a tablelor de aluminiu pentru realizarea unui panou etanș;

1 — puncte de sudură; *2* — cordon plastic etanș.

— produse celulare care se comprimă;
— profiluri extrudate.

Dintre *masticurile de etanșare* se folosesc:

— *masticuri vîscoase* (liant și filer) care se aplică mecanic (cu spatula sau pompa);

— *masticuri preformate*, cu consistență mai mare, utilizate sub formă de cordoane (cilindrice, dreptunghiulare sau trapezoidale), care de regulă sînt cauciucuri naturale sau sintetice nevulcanizate; se pot utiliza și materiale în vrac, extrudarea făcîndu-se pe șantier.

Produsele celulare care se comprimă sînt realizate din cauciuc alveolar sau poliuretan impregnat; au densitate mică, izolare termică și fonică foarte bună.

Profilurile extrudate sînt formate prin tăiere cu ajutorul unor filiere de forme speciale. Se folosește clorura de polivinil, cauciucul natural sau sintetic (butadien-styren, neopren, butil). Forma profilurilor se alege astfel încît să se asigure funcțiunile unei îmbinări.

11.5. PEREȚI DE SUBSOL ȘI DEMISOL

Pereții de subsol și demisol reprezintă elemente ale infrastructurii clădirilor. În raport cu rolul în structură, ei pot fi portanți sau de compartimentare. Pereții de compartimentare pot fi exteriori, care delimitează spațiul subsolului de pămîntul înconjurător, sau interiori, care compartimentează spațiul subsolului.

Funcțiunile pereților de subsol și demisol rezultă din poziția pe care o au în structură, astfel:

— pereții portanți interiori și exteriori preiau încărcările suprastructurii și prin intermediul fundației, le transmit terenului;

— pereții exteriori au rolul de a prelua împingerea activă a pămîntului și de a proteja subsolul împotriva apelor subterane și a umidității pămîntului. De cele mai multe ori, ei trebuie să permită pătrunderea luminii naturale și realizarea ventilației, iar uneori trebuie să asigure o anumită izolare termică. Împiedicarea pătrunderii apei și umidității din teren se realizează cu ajutorul hidroizolațiilor;

— pereții interiori au funcțiunea de compartimentare a spațiului de la subsol sau demisol; uneori ei trebuie să îndeplinească anumite condiții de izolare termică sau fonică;

— împreună cu fundațiile și cu planșeul peste subsol (și a planșeelor inferioare, în cazul existenței a mai multor niveluri de subsol), pereții de subsol formează infrastructura clădirii, care asigură încastrarea și stabilitatea construcției în teren. Infrastructura trebuie să fie un element spațial a cărei rigiditate se asigură prin rigiditatea elementelor sale componente și prin legăturile dintre acestea. De aceea, se recomandă realizarea infrastructurii din beton monolit și chiar îngroșarea pereților de subsol portanți și autoportanți, în raport cu pereții suprastructurii.

Materialele folosite la pereții de subsol și demisol trebuie să aibă o durabilitate mare în timp, avînd în vedere solicitările relativ mari la care sînt supuși, acțiunea umidității, uneori chiar a înghețului.

Pereții de subsol, atît cei interiori cît și cei exteriori, se pot realiza în diverse soluții (fig. 11.45):

— din zidărie de piatră naturală, cu sau fără mortar de legătură;
— din zidărie de cărămidă sau blocuri din beton;

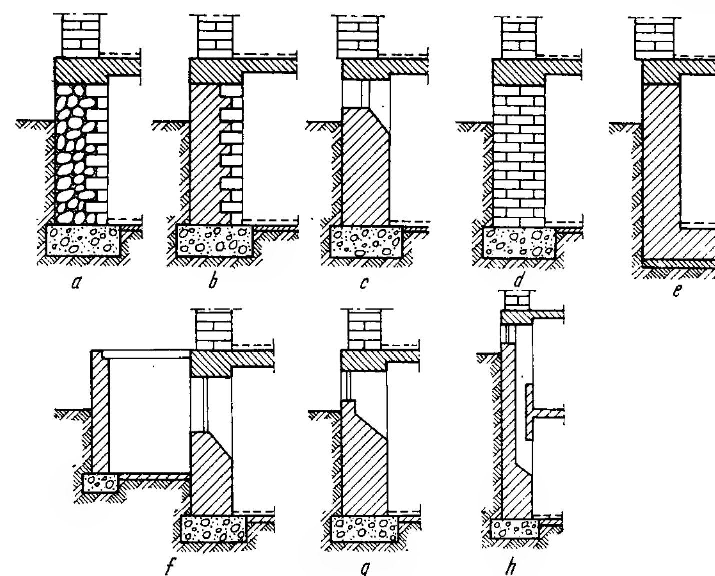


Fig. 11.45. Pereți de subsol și demisol:
a — din piatră naturală și zidărie de cărămidă; *b* — din beton armat și zidărie de cărămidă; *c* — din beton armat; *d* — din zidărie de cărămidă; *e* — sistem cuvă de beton armat; *f* — iluminarea subsolului prin curte de lumină; *g* — iluminarea directă a subsolului, golul pentru fereastră fiind realizat cu nișă pentru mărirea eficienței ferestrei; *h* — iluminarea naturală a două subsoluri.

— din zidărie mixtă (piatră naturală și beton, cărămidă și beton etc.);
— din beton monolit (obișnuit sau beton ciclopian);
— din panouri prefabricate de beton.

Se recomandă folosirea betonului greu, deoarece betoanele ușoare au o rezistență mai mică la acțiunea umidității.

În cazul unor clădiri cu subsolul amplasat sub nivelul pînzei de apă freatică, este necesară realizarea unei cuve (fig. 11. 45, *e*).

Iluminarea naturală a subsolurilor și demisolurilor se face prin ferestre practicate în pereții exteriori deasupra nivelului terenului, sau prin ferestre amplasate spre curți de lumină (fig. 11.45, *c*, *f*); pentru a mări iluminarea interioară, se pot realiza nișe sub ferestre (fig. 11.45, *g*). În cazul existenței a două subsoluri, se poate realiza o iluminare naturală a ambelor subsoluri, prin ferestre amplasate deasupra terenului și prin goluri verticale în peretele exterior de subsol (fig. 11.45, *h*).

Pereții de compartimentare se pot realiza din:

— zidărie de cărămidă sau blocuri mici;
— fîșii din beton;
— panouri din beton.

Modul de rezemare al pereților de compartimentare este în funcție de greutatea lor proprie și de soluționarea dată suportului pardoselii, astfel:

— pentru pereții de compartimentare cu grosimea de 7,5...15 cm, rezemarea se face direct pe stratul suport al pardoselii executat din beton simplu (gros de cel puțin 8 cm), turnat peste stratul de rupere a capilarității, dacă acesta este așezat direct pe terenul de fundare (fig. 11.46, *a*);

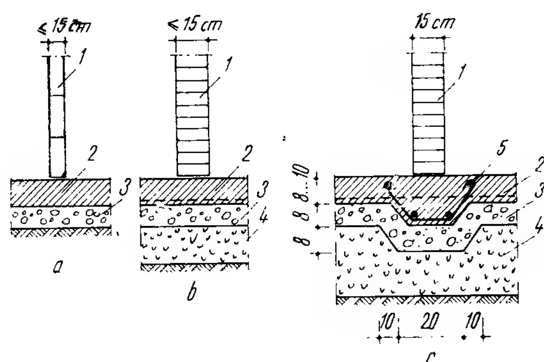


Fig. 11.46. Fundaţii sub pereţi de compartimentare :

a — direct pe placa suport a pardoselii realizată din beton simplu ; *b* — pe placa suport a pardoselii armată cu reţea Ø6/20 ; *c* — prin îngroşarea şi armarea suplimentară a stratului suport : *1* — perete de compartimentare ; *2* — placa suport a pardoselii ; *3* — strat de rupere a capilarităţii din pietriş ; *4* — umplutură ; *5* — armătură suplimentară.

— dacă peste terenul rezistent există un strat de umplutură (fig. 11.46, *b*), stratul suport al pardoselii se armează cu o reţea Ø 6 la 20 cm. În acest caz, pereţii de compartimentare pot rezema direct dacă au grosimea sub 7,5 cm, dacă au grosimea de 7,5...15 cm, însă grosimea stratului de umplutură nu depăşeşte 40 cm sau dacă grosimea lor este de 7,5...15 cm şi lungimea lor nu depăşeşte 3 m, indiferent de grosimea stratului de umplutură ;

— cînd grosimea peretelui de compartimentare este de 7,5...15 cm şi lungimea mai mare de 3 m, iar grosimea stratului de umplutură mai mare de 40 cm, este necesară o armare suplimentară a stratului de beton ;

— în situaţiile extreme (grosimi ale pereţilor de 15 cm, lungimi mai mari de 3 m, strat gros de pămînt de umplutură, înălţimi mari de perete), este necesară îngroşarea stratului suport al pardoselii, realizat din beton şi prevederea unei armări suplimentare (fig. 11.46, *c*).

11.6. ELEMENTE DE CALCULUL PEREŢILOR LA ACŢIUNI MECANICE [23]

11.6.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Pereţii suportă forţe gravitaţionale, verticale (greutate proprie, încărcări transmise de planşee) şi orizontale, laterale (vînt, seism). Acţiunea directă a vîntului , cu presiune sau sucţiune, se manifestă asupra pereţilor expuşi şi consideraţi amplasaţi perpendicular pe direcţia vîntului.

Acţiunea indirectă a vîntului se manifestă asupra pereţilor de contravîntuire, dispuşi paralel cu direcţia vîntului, inclusiv asupra pereţilor de pe cealaltă direcţie, pe porţiunea de conlucrare cu pereţii de contravîntuire ; în acest caz, vîntul acţionînd direct asupra pereţilor exteriori, cu orientare perpendiculară pe direcţia sa, solicită prin intermediul lor şi al planşeelor, pereţii de contravîntuire sau de rezistenţă şi contravîntuire, la eforturi dispuse în plan median (sau într-un plan paralel), astfel că aceştia lucrează ca diafragme. Pereţii autoportanţi exteriori sînt supuşi la acţiunea directă a vîntului, ca orice perete exterior ; în funcţie de rigiditatea lor, ei pot avea şi rolul de diafragme în cazul acţiunii indirecte a vîntului. Pereţii purtaţi nu pot avea rol de diafragme.

Pereţii portanţi situaţi sub nivelul terenului trebuie să aibă rezistenţă şi grosime suficiente pentru a suporta împingerea laterală a pămîntului adiacent şi eventuale supraîncărcări care acţionează asupra terenului. Realizarea umpluturii se va face după ce peretele este capabil de a rezista acţiunilor transmise de aceasta.

11.6.2. CALCULUL PEREŢILOR PORTANŢI

Efectul global al tuturor acţiunilor mecanice asupra pereţilor se stabileşte pentru structuri cu comportare elastică pe baza principiului suprapunerii efectelor fiecărei acţiuni mecanice separate, în cadrul grupărilor de încărcări. Acestea recomandate pentru diverse tipuri de pereţi (portanţi şi de contravîntuire ; portanţi ; de contravîntuire ; de subsol ; purtaţi sau suspendaţi etc.).

Ultimele progrese obţinute în concepţia şi execuţia structurilor cu pereţi portanţi de zidărie evidenţiază o utilizare sporită a pereţilor subţiri, de grosime redusă, asemănătoare cu a pereţilor—diafragme din beton armat (monolit sau panouri mari), ceea ce apropie comportarea lor mecanică, concepţia şi calculul pereţilor portanţi şi de contravîntuire din *diferite materiale* şi executaţi cu *diverse tehnologii*. Acestea sînt *criterii secundare*, determinînd însă o serie importantă de particularităţi de concepţie, calcul şi alcătuire constructivă pentru fiecare tip de perete. Aceasta permite o schematizare aproape unitară a comportării mecanice a pereţilor, indiferent de materialul din care sînt executaţi.

11.6.2.1. **Scheme statice. Ipoteze de calcul.** Se consideră că se pot realiza aceleaşi scheme statice pentru pereţii portanţi din zidărie cît şi pentru cei din diafragme de beton armat. Dacă se ţine seama că structurile cu pereţi portanţi sînt, în mod obişnuit, structuri spaţiale (tridimensionale) se poate schematiza sistemul structural din pereţi portanţi şi planşee ca un cadru, avînd nodurile cu deformabilitate diferită, în funcţie de materialele utilizate şi de detaliile de execuţie realizate (fig. 11.47). Schema din figura 11.47, *a* este o schemă mai mult teoretică, deoarece în realitate, chiar dacă încărcarea acţionează centric, apar excentricităţi accidentale (din neomogenitatea materialelor, din diferenţa între axa geometrică şi cea mecanică, datorită defectelor sau impreciziilor de punere în operă etc.) ; este folosită pentru încărcări simetrice, de exemplu, pentru pereţii transversali care suportă planşee alăturate de deschideri şi încărcări egale. Schema statică din figura 11.47, *b* se soluţionează mai simplu, chiar dacă se îndepărtează de realitate considerîndu-se excentricităţi egale la capetele peretelui ; este folosită, în general, de majoritatea autorilor şi în prescripţiile tehnice, în cazul încărcărilor aplicate disimetric. Schema statică din figura 11.47, *c* presupune o comportare a clădirii (pereţi şi planşee) ca un cadru, cu noduri incomplet rigide, stîlpii şi riglele putînd căpăta rotiri elastice.

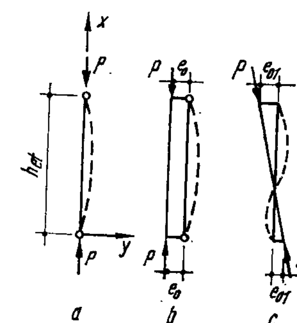


Fig. 11.47. Scheme statice de calcul pentru pereţi :

a — supuşi la încărcări centrice ; *b* — supuşi la încărcări excentrice ; *c* — schemă sub formă de cadru, cu continuitate elastică la noduri.

Se poate considera continuitatea elastică simplificat, pereţii luîndu-se ca o grindă verticală, cu reazemele intermediare reprezentate de planşeele dintre etaje. O schemă statică corespunzătoare comportării mecanice reale a structurii ar trebui să considere legile neliniare de deformaţie a elementelor separate

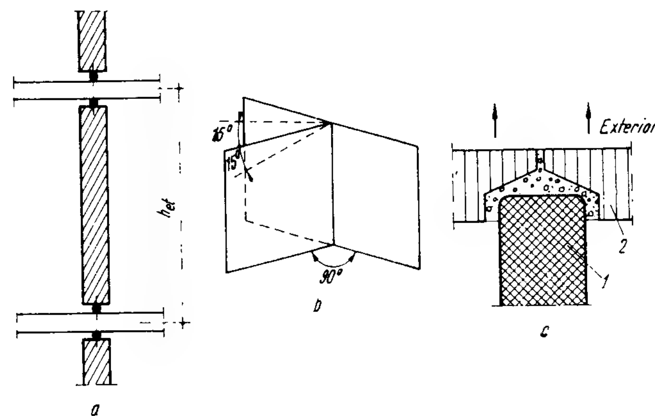


Fig. 11.48. Condiţii de margine pentru pereţi :

a – schema articulaţiei ; *b* – margine verticală împiedicată ; *c*–panou interior de perete împiedicat şi panouri exterioare de perete libere pentru deplasarea spre exterior şi împiedicate pentru deplasarea spre interior ; *1* – perete interior ; *2* – perete exterior.

(planşee, pereţi, noduri, îmbinări) şi deformaţiile din fisurare pentru toate stările limită (a capacităţii portante şi a exploatării normale). În prezent însă, cunoştinţele teoretice şi datele experimentale sînt insuficiente pentru aprecierea rotirilor neliniare în toate cazurile şi pentru a fi luate în considerare într-un calcul exact, la exprimarea condiţiilor de echilibru şi de compatibilitate.

De aceea, în practica proiectării se folosesc următoarele două scheme statice, corespunzătoare schematizărilor extreme a comportării mecanice reale, considerînd două ipoteze de comportare a îmbinărilor marginilor orizontale :

— *schema continuităţii elastice*, care presupune o anumită continuitate între planşee şi perete şi o comportare elastică a cadrului la stările limită ;

— *schema articulaţiei* (cadrului articulat), în care se consideră că nodurile se comportă ca articulaţii (fig. 11.48, *a*).

Schema continuităţii elastice se poate folosi numai cînd calculul arată că peretele poate prelua momentele corespunzătoare de încovoiere fără o fisurare excesivă, care poate modifica substanţial distribuţia momentelor însăşi ; ipoteza caută să se apropie cît mai mult de comportarea reală în cazul unor legături rigide la extremităţile pereţilor, care se pot realiza, în mod obişnuit, la pereţii din diafragme de beton monolit. Unele recomandări (de exemplu, cele belgiene) admit această schemă şi pentru clădiri din panouri mari cu planşee turnate monolit sau din elemente prefabricate, cu respectarea unor măsuri constructive, care să asigure în mod efectiv continuitatea între pereţi şi planşee pînă în pragul stărilor limită ; în general, în acest caz sînt necesare şi verificări experimentale.

Pentru pereţii de zidărie nearmaţi, această schemă se poate aplica cel mult la nivelurile inferioare ale unor clădiri înalte ; dimpotrivă, la nivelurile superioare forţa axială nu este, de obicei, suficientă pentru a asigura echilibru şi pot să apară în pereţi fisuri larg deschise. Şi în cazul clădirilor din panouri mari, forţele verticale sînt mai reduse la etajele superioare, fiind necesară realizarea continuităţii pereţilor şi planşeelor prin ancorare de armături.

Se poate adopta schema continuităţii elastice pentru o parte a clădirii şi schema articulaţiei pentru restul. De asemenea, se pot adopta scheme pentru stările limită ale exploatării normale diferite de cea a capacităţii portante.

Metoda continuităţii este din ce în ce mai mult folosită, aplicîndu-se pentru orice tip de structură, cu o considerare corespunzătoare a condiţiilor de lucru ale îmbinărilor orizontale, bazată pe experimentări, interpretări statistice şi asigurarea calităţii îmbinărilor executate pe şantier. Ultimele cercetări efectuate urmăresc influenţa fisurării şi a deformaţiilor plastice din îmbinare asupra

stării limită de cedare a peretelui, prin folosirea unor coeficienţi de corecţie a relaţiilor liniare $\sigma - \varepsilon$, în funcţie de comportarea reală, neliniară.

S-a constatat importanţa deosebită a condiţiilor de margine (marginile orizontale pot fi articulate sau încastrate elastic ; marginile verticale pot fi libere sau împiedicate ca în figura 11.48, *b*, *c* etc.) care determină în foarte mare măsură rezistenţa şi stabilitatea formei panourilor de perete, reflectată practic în calculul excentricităţii şi lungimii de flambaj. În alegerea schemei de calcul trebuie să se ţină seama, îndeosebi, de condiţiile reale de legătură (îmbinare) ale marginilor orizontale.

Schema articulaţiei, folosită în cele mai vechi recomandări pentru toate tipurile de pereţi, conduce la calcule mai simple şi la o siguranţă mărită prin modul de considerare a flambajului şi momentelor maxime, deoarece se presupune că peretele (zidul) este legat la cele două margini extreme, superioară şi inferioară, prin articulaţii liniare (fig. 11.48, *a*). În cazul pereţilor supuşi la gradienţi termici importanţi, este necesară şi verificarea în ipoteza continuităţii elastice din punctul de vedere al rezistenţei de ansamblu şi al stabilităţii formei panoului peretelui. De aceea, schema articulaţiei este folosită pentru majoritatea tipurilor de pereţi şi în special, pentru pereţii din zidărie sau din elemente prefabricate (plăci, fişii, panouri mari).

11.6.2.2. **Determinarea eforturilor în pereţi la starea limită ultimă a capacităţii portante.** În acest scop se folosesc valorile de calcul pentru acţiuni şi schemele statice alese. Pentru determinarea efortului axial se pot folosi metodele tradiţionale simplificate, ţinînd seama de direcţia de rezemare (condiţiile de lucru) a planşeelor, de unghiul corespunzător de repartizare a încărcărilor concentrate (de regulă distribuţie uniformă pe suprafeţele inferioare limitate de dreptele înclinate faţă de verticală cu 1/3), ca şi de faptul că forţele axiale se aplică întotdeauna cu o oarecare excentricitate. Cînd peretele portant face parte din contravîntuirea structurii, se include şi forţa verticală rezultată din acţiunea forţelor laterale (vînt, seism), efectuîndu-se un calcul de diafragmă (v. capitolul 16).

Momentele de încovoiere se determină în teoria de ordinul întîi, dacă diafragmele şi planşeele au rigiditate suficientă (schemă rigidă), luînd în considerație :

— excentricitatea structurală provenind din excentricitatea rezemării planşeelor şi pereţilor (e_{sup} şi e_{niv} din figura 11.49, *d*) şi cea produsă de momentele de încovoiere din eventuala continuitate dintre planşee şi pereţi ;

— excentricităţile accidentale provenind din dispersarea (abaterea) poziţiei planului median al peretelui şi din suprapunerea pereţilor pe verticală (abateri de poziţionare) ;

— excentricităţi datorită altor acţiuni decît celor verticale şi anume provenind din acţiuni orizontale (din vînt la pereţii exteriori şi din seism) precum şi cele provenind din gradientul de temperatură (v. STAS 10 101/23 A-75).

Excentricitatea structurală a încărcării verticale de la etajele superioare, e_{sup} se poate calcula simplificat, considerînd că rezultanta încărcărilor N_s acţionează în planul mecanic (de greutate) al peretelui (fig. 11.49, *d*).

Excentricitatea structurală, e_{niv} se va determina în funcţie de condiţiile de rezemare ale planşeului. Ea poate avea valoarea $b - a/3$ sau $b - a/2$, după cum reazemul este din mortar flexibil şi nivelat sau este un reazem uscat (după recomandările C.I.B.). În cazul pereţilor interiori, excentricitatea e_{niv} este nulă dacă încărcarea din stînga reazemului este egală cu cea din dreapta

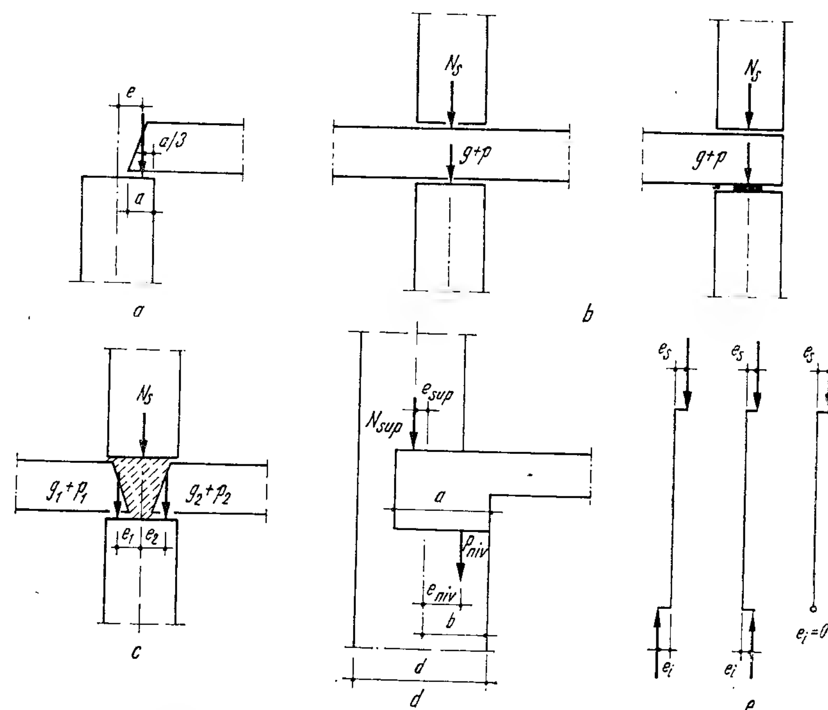


Fig. 11.49. Excentricități structurale pentru pereți (după normele C.I.B.):

a — la planșee simplu rezemate; *b* — la planșee continue sau rezemînd pe întreaga grosime a pereților; *c* — la planșee fără continuitate; *d* — la planșee cu încastrare pe reazeme; *e* — scheme posibile de excentricități la capătul superior și inferior al peretelui.

(fig. 11.49, *b*, *c*), iar în cazul pereților exteriori, excentricitatea e_{niv} se poate micșora prin prevederea unor piese de rezemare (numite și piese de centrare—fig. 11.49, *b*).

În final, un perete va avea excentricitățile rezultante (structurale și accidentale) e_s la partea superioară și e_i la partea inferioară, ale căror scheme posibile sînt prezentate în figura 11. 49, *e*.

Excentricitatea de calcul e_0, care reprezintă distanța de la centrul de greutate la o singură forță axială echivalentă, va rezulta prin suprapunerea tuturor excentricităților posibile.

Eforturile din pereți sînt influențate de modul de împiedicare a deplasărilor laturilor acestora (v. fig. 11.48). În figura 11.50 se ilustrează modul de rigidizare a unui perete longitudinal exterior prin pereții transversali așezați la distanța *L*, care împiedică orice deplasare transversală a laturilor verticale ale peretelui. Dimensiunile pereților și condițiile de margine influențează subțirimea (zveltețea) geometrică a peretelui: [23] $S = \rho = h_{et}/L$, în care ρ este dat în figura 11.51. În unele prescripții se dă valoarea coeficientului de flambaj, φ, în funcție de subțirimea geometrică a peretelui și de excentricitatea relativă a încărcărilor $m = 6\ e/d$ (fig. 11.52). Condițiile de rezemare de la extremitățile peretelui determină lungimea sa de flambaj, care poate fi egală, de 2 ori sau 3/4 din înălțimea liberă a etajului pentru peretele dublu articulat la cele două capete, pentru peretele cu capătul superior liber în direcție perpendiculară pe planul său și respectiv pentru peretele cu un grad suficient de încastrare la

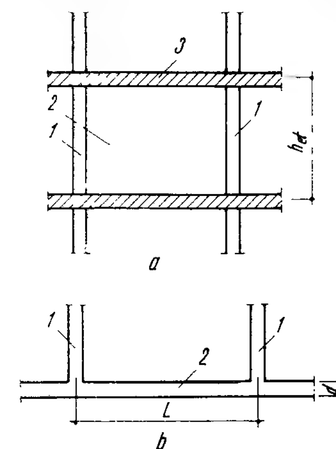


Fig. 11.50. Schema de rigidizare a unui perete longitudinal, exterior:

a — elevație; *b* — plan; *1* — perete transversal de rigidizare; *2* — perete longitudinal; *3* — planșeu.

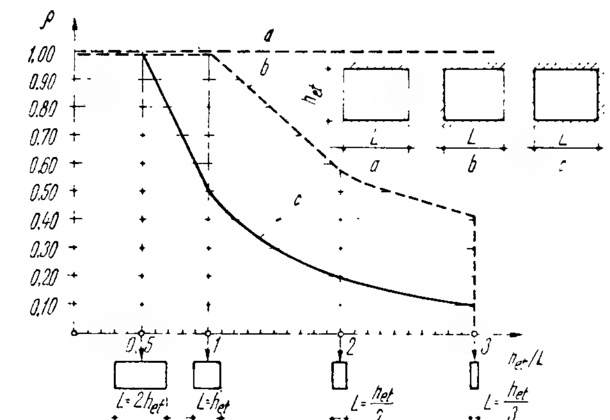


Fig. 11.51. Variația coeficientului ρ, în funcție de condițiile de rezemare ale peretelui și de raportul dintre înălțimea și lungimea peretelui:

a — perete încastrat pe latura superioară și inferioară; *b* — perete încastrat pe latura superioară, pe cea inferioară și pe o latură verticală; *c* — perete încastrat pe patru laturi.

capete. Valoarea subțirimii geometrice *S*, trebuie să fie mai mică decît 24, în cazul pereților portanți [23].

De asemenea, gradul de deplasare a marginii superioare a peretelui longitudinal, în funcție de distanța dintre pereții de rigidizare, precizează structura cu schemă rigidă, cînd marginea superioară reprezintă un reazem fix sau structura cu schemă flexibil-elastică, cînd marginea superioară este un reazem elastic-deplasabil.

11.6.2.3. **Verificarea siguranței pereților.** În principiu, siguranța unui perete portant se verifică în orice secțiune orizontală la starea limită ultimă a capacității portante, solicitată la încovoiere compusă și ținînd seama de excentricități și flambaj, determinate de condițiile de margine, mai ales de îmbinarea orizontală. Se consideră în calcul diagrama corespunzătoare de distribuție a tensiunilor pe secțiune, de obicei neliniară și se neglijează tensiunile (eforturile unitare) de întindere. Se pot considera, de asemenea, deformațiile peretelui, în cadrul teoriei de ordinul doi, pentru schema statică adoptată și efectul curgerii lente. Cînd acționează și forțe tăietoare se verifică eforturile unitare tangențiale și cele principale.

În cazul îmbinărilor perete-planșeu sau a însăși porțiunii de perete de lîngă îmbinare, care este mai puțin rezistentă decît secțiunea curentă, se verifică rezistențele cu aceleași criterii, putîndu-se adopta scheme statice și coeficienți ai încărcărilor și condițiilor de lucru diferite.

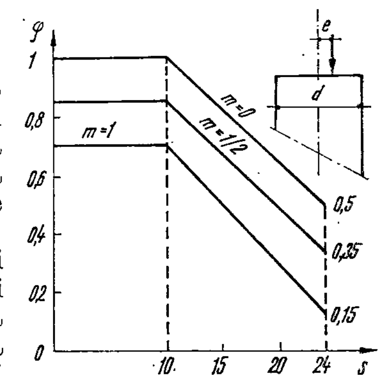


Fig. 11.52 Variația coeficientului de flambaj, φ, în funcție de subțirimea geometrică a peretelui, *S* și de excentricitatea relativă a încărcărilor, *m*.

Pentru a se asigura o comportare satisfăcătoare a clădirilor în condiții de exploatare normală și a se evita degradări în fațade sau în pereții despăr-

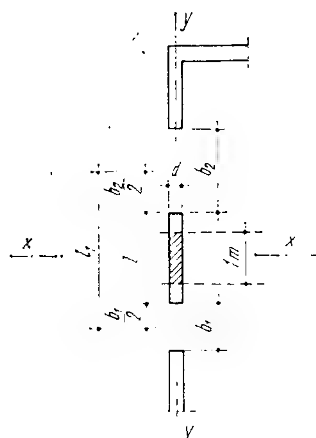


Fig. 11.53. Schema unui perete, cu considerarea pentru calculul secțiunii, a unei fîșii de 1 m lățime.

ţitori, datorite fisurării sau a unor deformaţii excesive, se face verificarea la stările limită ale exploatării normale, de fisurare şi deformaţie, considerînd coeficienţii încărcărilor egali de obicei cu 1. Deschiderea fisurilor şi mărimea deformaţiilor trebuie să rămînă inferioare anumitor valori limită, depinzînd de natura clădirilor.

11.6.2.4. **Metoda simplificată pentru dimensionarea pereţilor portanţi.** Pentru dimensionarea pereţilor se poate considera, simplificat, o fîşie verticală de perete de 1 m lăţime (fig. 11.53), supusă acţiunii încărcărilor gravitaţionale, verticale (permanente şi utile), precum şi acţiunii directe a vîntului. Această fîşie se va considera într-o zonă defavorabilă, unde nu există conlucrare cu pereţii de pe cealaltă direcţie sau într-o zonă slăbită de goluri. Influenţa defavorabilă a golului se va lua în mod real, considerînd că vîntul şi încărcările gravitaţionale ce acţionează pe lăţimea l_1 sînt preluate numai de şpalet (plinul dintre goluri). Calculul se poate face fie considerînd o fîşie verticală cu lăţimea de 1 m, fie cu lăţimea l (în special, cînd l este mai mic de 1 m).

Schema statică a fîşiei verticale cu continuitate elastică este reprezentată în figura 11.54, *a*, în care încărcările gravitaţionale acţionează excentric prin modul de rezemare al planşeului. Pe baza acestei scheme statice, calculul momentelor încovoietoare este totuşi laborios şi inexact în acelaşi timp, deoarece în dreptul planşeelor fîşia nu are în realitate o continuitate perfectă. De aceea, se folosesc scheme statice simplificate (fig. 11.54, *b*), diferite pentru încărcările gravitaţionale şi din vînt. Pentru vînt s-a considerat o grindă continuă, însă se ţine seama de faptul că în dreptul planşeelor continuitatea nu este perfectă

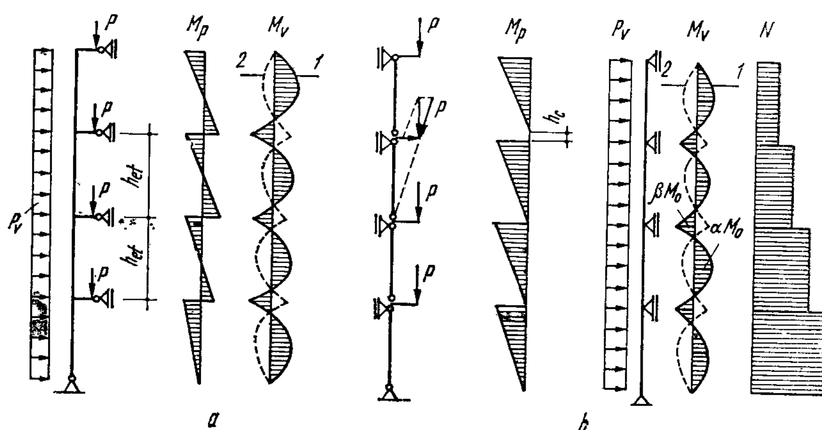


Fig. 11.54. Schema statică a unei fîşii verticale de perete:

a — schema reală; *b* — schema simplificată; p_v — încărcarea din vînt; P — încărcarea din planşee; M_p, M_v — momente încovoietoare din încărcări verticale, respectiv din vînt; N — diagrama de forţe verticale; *1*; *2* — momentele din presiunea, respectiv sucţiunea vîntului; h_c — înălţimea centurii la pereţii din zidărie.

prin introducerea unor coeficienţi de corecţie în expresia momentelor încovoietoare:

$$\text{— în cîmp}; \; M_c = \alpha M_0;$$

$$\text{— pe reazem}: \; M_r = \beta M_0,$$

unde M_0 este momentul maxim pe o grindă simplă rezemată sub acţiunea unei încărcări uniform distribuită.

Lăţimea reazemului se consideră la pereţii portanţi din zidărie (unde va fi lăţimea centurii) şi poate fi neglijată la pereţii din beton monolit. Coeficienţii α şi β depind de gradul de continuitate al fîşiei în dreptul reazemelor (planşeelor). Pentru pereţi portanţi din zidărie $\alpha = 2/3$ şi $\beta = 1/3$. La o continuitate perfectă, ca în cazul pereţilor portanţi monoliţi, $\alpha = 1/3$ şi $\beta = 2/3$. Verificarea capacităţii portante se face, de regulă, la nivelul inferior cel mai solicitat. Avînd în vedere schema statică, rezultă că momentele încovoietoare se menţin constante pe întreaga înălţime a clădirii, la diferitele etaje, dacă au aceeaşi încărcare. Ca urmare, excentricitatea de calcul $e_0 = M/N$(unde M şi N sînt momentul încovoietor respectiv şi forţa axială totală în secţiune) va scădea treptat de sus în jos, la nivelurile inferioare solicitarea este apropiată de compresiune centrică (în special cînd numărul nivelurilor, deci şi forţa axială, este mare).

Flambajul se consideră prin introducerea coeficientului de flambaj după direcţia x — x care are, pe înălţimea unui nivel, variaţia dată în figura 11.55, *d*. Rezultă o solicitare mai defavorabilă în treimile superioare ale nivelurilor. Lungimea de flambaj pentru pereţii dublu articulaţi se consideră egală cu înălţimea nivelului (la pereţii portanţi din zidărie se scade înălţimea centurii). Dacă asupra fîşiei verticale de calcul intervine influenţa defavorabilă a conlucrării cu pereţii de pe cealaltă direcţie, atunci acest lucru se va considera prin reducerea lungimii de flambaj. Dacă lăţimea l a şpaletului este mai mică decît grosimea sa d (v. fig. 11.53), atunci se consideră flambajul după direcţia y — y, lungimea de flambaj fiind egală cu înălţimea golului.

Verificarea capacităţii portante se face cu ajutorul relaţiilor de compresiune excentrică date în capitolele 7 şi 8, pentru pereţi din zidărie, respectiv la disciplina de beton pentru pereţii din beton monolit.

Verificarea diafragmelor panourilor mari se va face în conformitate cu indicaţiile date în capitolul 16.

În general, în cazul pereţilor interiori se face verificarea diafragmelor, considerînd simultan acţiunea încărcărilor gravitaţionale şi orizontale din vînt sau

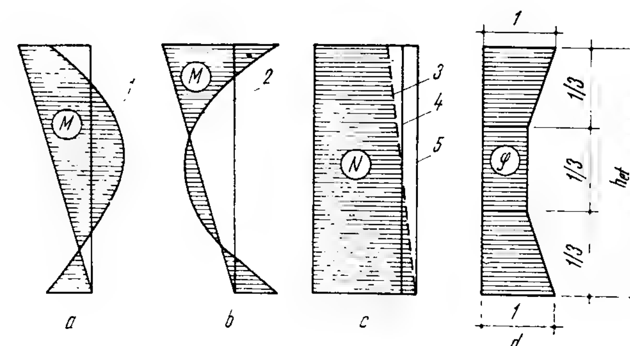


Fig. 11.55. Variaţia solicitărilor pe înălţimea unui nivel:

a; *b* — diagrama de momente încovoietoare din vînt şi din încărcări verticale; *c* — diagrama de forţe axiale; *d* — variaţia coeficientului de flambaj; *1*; *2* — diagrama de momente din efectul de sucţiune, respectiv presiune; *3* — variaţia reală a forţei axiale; *4*; *5* — variaţia aproximativă a forţei verticale.

seism, dacă sînt şi pereţi de contravîntuire. De regulă, se verifică o fîşie verticală cu lăţimea de 1 m, situată în afara zonei de conlucrare cu peretele perpendicular (fig. 11.56). Verificarea se face pe direcţia x-x la rezultanta tensiunilor normale pe lăţimea fîşiei. Pe lîngă aceasta, mai sînt necesare verificări ale tensiunilor tangenţiale, ale tensiunilor principale, precum şi verificări ale buiandrugilor în cazul pereţilor cu goluri.

11.6.2.4.1. *Excentricitatea pereţilor din zidărie sau beton monolit.* Excentricităţile structurale se vor determina în funcţie de modul de rezemare al planşeului şi al peretelui superior (v. fig. 11.49, *e* şi fig. 11.57, *a*, *b*).

În cazul pereţilor din zidărie, excentricităţile accidentale se pot considera astfel (indicaţii după normele C.I.B.):

— abaterea poziţiei planului median al peretelui $e_{a1} = 0{,}02\ d$, din neomogenitatea zidăriei şi $e_{a2} = 0{,}002\ h_{et}$, din inegalitatea grosimii peretelui;

— abaterea de poziţionare, $e_{a3} = 0{,}5$ cm.

Excentricităţile e_v din vînt (numai la pereţii exteriori), e_c din cutremur sau e_t din gradientul de temperatură se calculează cu relaţia:

$$e = \frac{M}{N}, \tag{11.2}$$

unde M este momentul din vînt, seism sau temperatură, iar N — forţa axială totală din secţiune.

Excentricitatea de calcul se va determina cu relaţia:

$$|e_o| = \sqrt{0{,}3\,(e_s^2 + e_i^2) + 0{,}4\,e_s e_i} + |e_v| + |e_c| + |e_t|, \tag{11.3}$$

unde e_s şi e_i reprezintă excentricităţile în secţiunile de la partea superioară şi inferioară a peretelui (v. fig. 11.49,*e*), iar e_v şi e_c — excentricităţile din vînt,

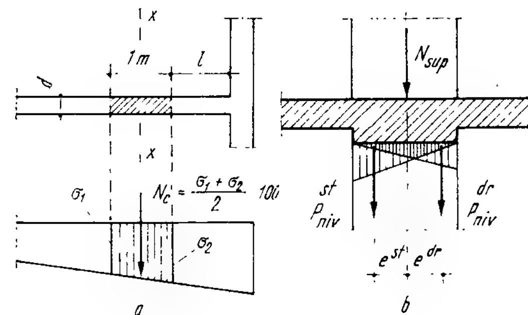


Fig. 11.56. Schema de verificare a pereţilor interiori:
a – considerarea fîşiei verticale de 1 m; *b* — distribuţia încărcărilor la rezemarea planşeelor; *l* — zona de conlucrare a pereţilor; σ - tensiunile normale din încărcările orizontale.

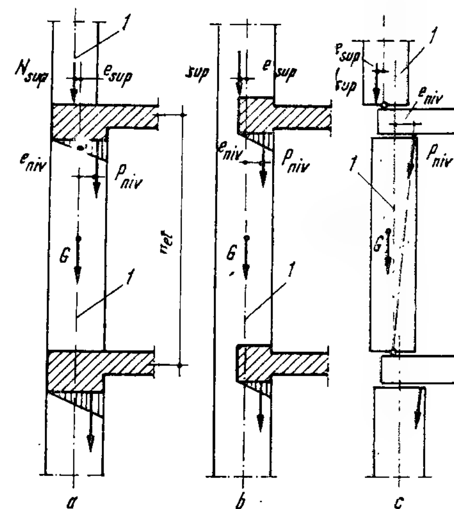


Fig. 11.57. Scheme de aplicare a încărcărilor;
a — pentru pereţi portanţi din zidărie; *b* — pentru pereţi turnaţi monolit în cofraje glisante; *c* — pentru pereţi din panouri mari; *1* — axa centrului de greutate a peretelui.

respectiv cutremur, care nu se consideră simultan, apreciindu-se situaţia cea mai defavorabilă.

În mod simplificat, la pereţii din zidărie sau beton, excentricitatea de calcul se poate determina cu relaţia:

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{N_{sup}\,e_{sup} + P_{niv}\,e_{niv} + M_v}{N_s + P_{niv} + G} + 2\ \text{cm}, \tag{11.4}$$

unde M_v este momentul din vînt, iar G — greutatea proprie a peretelui.

16.6.2.4.2. *Excentricitatea pereţilor portanţi din panouri mari.* Determinarea excentricităţii în cazul compresiunii cu flambaj se face cu relaţia (după normele I.S.L.G.C.):

$$e_o = \sqrt{0{,}3\,(e_s^2 + e_i^2) + 0{,}4\,e_s e_i} + |e_p| + |e_v| + |e_c|, \tag{11.5}$$

unde e_v; e_c sînt excentricităţile din vînt, cutremur, considerate la jumătatea înălţimii panoului;

e_p — excentricitatea accidentală din defectul de planeitate (în lipsă de date se va lua 0,002 din înălţimea panoului), considerată la jumătatea înălţimii panoului;

$$e_s.\,(e_i) = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5;$$

e_1 — excentricitatea din dezaxarea îmbinărilor, în raport cu panoul considerat şi a panourilor suprapuse între ele, ca excentricităţi structurale;

e_2 — excentricitatea din poziţia dezaxată a reazemelor planşeelor de ambele părţi (excentricitate structurală), ca şi din greutatea stratului de protecţie la panourile exterioare;

e_3 — excentricitatea provenită din abaterea faţă de poziţia teoretică (centrul de greutate) a planului median ca efect al neomogenităţii betonului, mai ales turnat pe orizontală şi deci defect de confecţionare, cu valoarea de 2...5% din grosimea panoului;

e_4 — excentricitatea din dezaxarea planurilor mediane ale panourilor suprapuse, deci defect de montaj; în lipsă de date se ia aproximativ 2 cm;

e_5 — excentricitatea accidentală din defecte de pozare (suprapunere, verticalitate), de circa 1 cm, pentru un ecart între axele a două panouri de 2 cm. Abaterea se poate lua de 1...3 cm, în funcţie de dispozitivele constructive şi de calitatea execuţiei.

Excentricităţile e_v (numai în cazul pereţilor exteriori) şi e_c se calculează cu relaţia (11.2):

$$e_v(e_c) = \frac{M}{N}, \tag{11.6}$$

în care M este momentul pentru o fîşie de perete egală cu unitatea, considerînd peretele dublu articulat sau rezemat pe 3 sau 4 laturi, dacă panoul are margini verticale fixate, iar N — încărcarea axială, totală, a fîşiei.

11.6.2.4.3. *Verificarea la flambaj.* Verificarea la flambaj în cazul structurii fagure se face pentru o fîşie de lăţime unitară amplasată diferit:

— spre latura liberă, dacă panoul are o latură fixată, iar raportul h_{et}/L este mai mic ca 1;

— în zona de mijloc a panoului cu ambele laturi verticale fixate cînd raportul h_{et}/L este mai mic ca 0,5;

— pe o linie verticală situată la o distanţă de la marginea cea mai comprimată a panoului egală cu cea mai mică dintre valorile h_{et}/L sau L/3 din lungimea zonei comprimate, la panourile cu ambele laturi verticale libere, la panouri cu o latură verticală fixă avînd $h_{et}/L < 1$ sau la panouri cu două laturi verticale fixate şi $h_{et}/L > 0{,}5$.

În cazul panourilor cu una sau două laturi verticale fixe, se verifică şi rezistenţa în dreptul laturii verticale sau compresiunile cele mai mari, fără a considera flambajul.

11.6.3. DEFORMAŢIILE ŞI FISURAREA PEREŢILOR

Deformaţiile pereţilor se pot grupa în trei categorii:

— *deformaţii produse de încărcări exterioare*, care dezvoltă stări de tensiuni σ, τ şi deformaţii specifice ε, γ, cu concentrări de tensiuni în anumite zone, care pot provoca deformaţii mari, urmate uneori de apariţia fisurilor;

— *deformaţii produse de deplasări impuse*, datorită tasărilor fundaţiilor, efectelor precomprimării, contracţiei şi curgerii lente;

— *deformaţii produse de variaţii dimensionale* datorite variaţiilor de umiditate şi temperatură, ca şi modificărilor de compoziţie chimică. În cazul variaţiilor dimensionale se produce o stare de tensiune cînd aceste deformaţii sînt împiedicate, ca în cazul structurilor static nedeterminate. Eforturile care apar (forţă axială şi moment încovoietor) sînt proporţionale cu deplasările liniare Δl sau unghiulare $\Delta\varphi$, împiedicate:

$$N = \frac{EA}{l}\,\Delta l; \qquad (11.7)$$

$$M = \frac{EI}{\Delta l}\,\Delta\varphi, \qquad (11.8)$$

în care E, A şi I sînt modulul de elasticitate, aria şi momentul de inerţie al barei. Aceste eforturi acţionează şi asupra legăturilor care pot fi alte elemente de construcţie. În general, elementele pot avea simultan atît alungiri cît şi lunecări împiedicate.

11.7. ELEMENTE CONSTRUCTIVE LA PEREŢI

Cerinţele de exploatare şi de estetică ale clădirilor, necesitatea conlucrării pereţilor şi a planşeelor la încărcări orizontale şi verticale, asigurarea contra fisurării datorită variaţiilor de temperatură sau tasării fundaţiilor, cerinţe de ventilare naturală şi de iluminare etc., implică adoptarea unor elemente constructive la pereţi cum sînt: golurile, buiandrugii, cornişele, aticurile, centurile de ancorare a pereţilor etc.

11.7.1. GOLURI ÎN PEREŢI

11.7.1.1. **Goluri pentru uşi şi ferestre.** Poziţia, forma şi mărimea golurilor pentru uşi şi ferestre sînt impuse de cerinţele funcţionale, de iluminare şi estetice ale clădirii. Golurile practicate în pereţii exteriori (pentru ferestre şi pentru accesul în logii sau balcoane) trebuie să contribuie la plastica faţadei. Prin practicarea de goluri în pereţii portanţi se va urmări menţinerea unor plinuri (şpaleţi) cu capacitate portantă corespunzătoare solicitărilor.

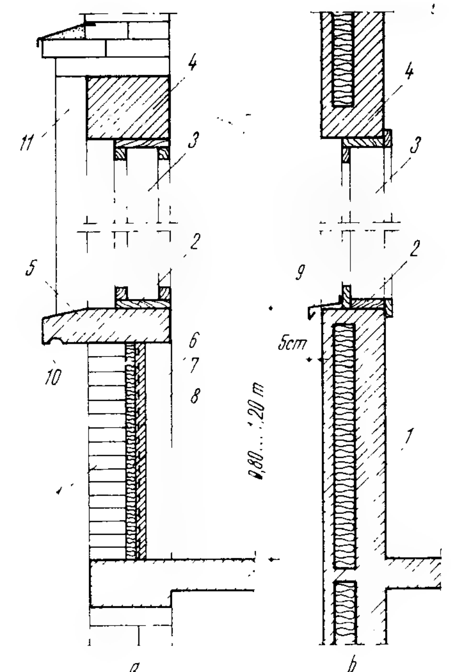


Fig. 11.58. Elementele golurilor de fereastră:
a — gol în perete de zidărie; *b* — gol în perete de beton monolit turnat în cofraje glisante; *1* — parapet; *2* — glaf orizontal; *3* — glaf vertical; *4* — buiandrug; *5* — solbanc; *6* — nişă pentru calorifer; *7* — tencuială pe rabiţ; *8* — termoizolaţie; *9* — şorţ de tablă; *10* — lăcrimar; *11* — ancadrament.

Elementele principale ale golurilor de fereastră sînt prezentate în figura 11.58.

Execuţia golurilor se poate face cu ajutorul unor elemente provizorii, care ulterior se îndepărtează (şabloane la pereţii din zidărie şi cofraje la cei din beton monolit) sau cu ajutorul unor elemente definitive numite *ancadramente* (în special la pereţii din zidărie), care pot fi dintr-un singur element în formă de cadru sau din elemente independente (montanţi şi traverse).

Pentru fixarea tocurilor ferestrelor şi uşilor, se prevăd elemente îngropate în glafurile verticale, numite *ghermele* (obişnuit 2 sau 3 ghermele pe înălţimea unui glaf) care se execută din lemn (tufan sau stejar) impermeabilizat în carbolineum, din cărămizi găurite, din beton, din fibre aglomerate de tip durisol etc. Ghermelele se înzidesc la pereţii din zidărie sau se montează în cofraj la pereţii din beton.

Forma în plan şi în secţiune transversală a golurilor poate fi simplă sau cu urechi. La pereţii groşi şi în special la cei de subsol se vor prevedea muchii teşite (fig. 11.59).

Atît golurile pentru ferestre cît şi cele pentru uşi se proiectează şi realizează cu respectarea modulării şi tipizării ferestrelor şi uşilor; în cazul pereţilor turnaţi în cofraje glisante, se va avea în vederea şi grosimea planşeului (fig. 11.60).

11.7.1.2. **Alte tipuri de goluri prevăzute în pereţi.** Pe lîngă golurile pentru ferestre şi uşi, în pereţi se mai practică goluri impuse de instalaţii sau de ventilarea naturală: străpungeri de conducte şi canale, şliţuri verticale deschise pentru

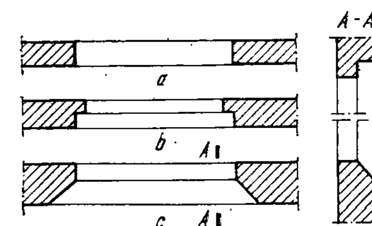


Fig. 11.59. Forme de goluri pentru ferestre:
a — cu margini drepte; *b* — cu urechi; *c* — cu muchii teşite şi ureche la partea superioară.

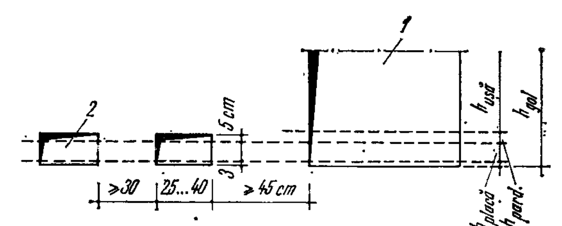


Fig. 11.60. Goluri pentru uşi şi pentru rezemarea planşeelor la pereţi turnaţi în cofraje glisante:
1 — gol de uşă; *2* — gol pentru rezemarea planşeului.

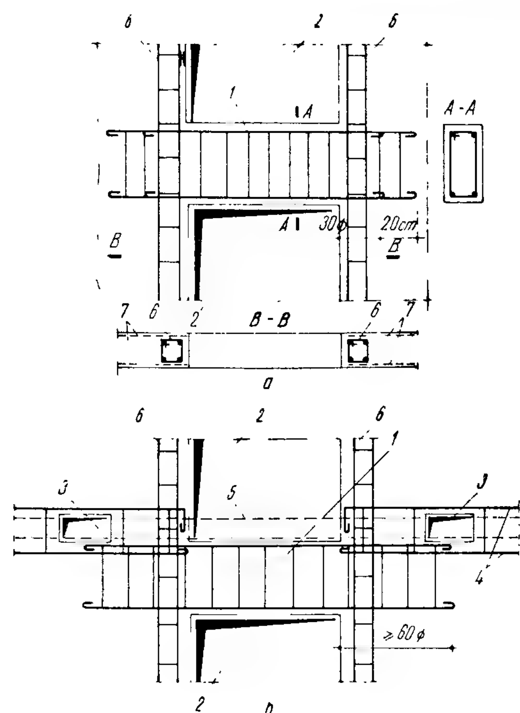


Fig. 11.61. Detalii de buiandrugi la pereți din beton monolit:

a — turnati în cofraje fixe; *b* — turnați în cofraje glisante; *1* — buiandrug; *2* — gol de ușă; *3* — gol pentru rezemarea planșeului; *4* — armătură în centură; *5* — placa planșeului; *6* — carcasă pentru bordarea golului; *7* — plase sudate.

amplasarea conductelor și care ulterior se maschează cu rabiț, nișe, canale verticale etc. Asemenea goluri trebuie prevăzute în proiect, întrucît spargerea lor ulterioară duce la un consum mare de manoperă și la micșorarea rezistenței pereților. În cazul pereților turnați în cofraje glisante, se prevăd goluri de rezemare a planșeelor care se lasă în timpul glisării (v. fig. 11.60).

11.7.2. BUIANDRUGI

Buiandrugii sînt elementele de rezistență prevăzute deasupra golurilor de uși sau ferestre care au rolul de a prelua încărcările verticale aferente, și în cazul diafragmelor de beton armat cu goluri mici sau mijlocii, de a contribui la realizarea rigidității de ansamblu a clădirii, participînd la preluarea încărcărilor orizontale din vînt sau seism.

În cazul pereților din beton monolit sau din elemente prefabricate (panouri mari, elemente spațiale), buiandrugii fac parte din însăși structura peretelui, deasupra golurilor prevăzîndu-se o armare corespunzătoare solicitărilor. În figura 11.61 se prezintă detalii de realizare a buiandrugilor în cazul pereților din beton monolit turnați în cofraje plane și în cofraje glisante.

În cazul pereților din zidărie, buiandrugii se pot realiza în mai multe feluri, în funcție de materialul utilizat și de forma lor:

— *buiandrugii din lemn* ecarisat sau semirotund, tratat cu carbolineum pentru protecția contra umidității, se folosesc la deschideri și grosimi mici ale pereților. Lățimea buiandrugilor se ia egală cu grosimea peretelui iar deschiderea egală cu lumina la care se adaugă 2 × (15...20) cm (fig. 11.62, *a*). La deschideri mai mari de 1 m se prevede arc de descărcare din zidărie pentru micșorarea încărcărilor asupra buiandrugilor (fig. 11.62, *b*);

— *buiandrugii de piatră* se folosesc foarte puțin, datorită volumului mare de manoperă necesară pentru prelucrarea pietrei. Se pot utiliza sub formă de grinzi drepte cu deschiderea de 1...1,2 m (fig. 11.62, *c*) sau arce cu deschiderea pînă la 2,50 m, realizate din bolțari de piatră de talie (fig. 11.62, *d*);

— *buiandrugii din zidărie* se pot realiza din elemente drepte pentru deschideri mai mici de 1 m (fig. 11.62, *f*), din arce pentru deschideri pînă la 3,50 m (fig. 11.62, *g*, *h*) sau din cărămizi sub formă de pană (fig. 11.62, *i*). La acești buiandrugi deschiderile limită, raportul săgeată /deschidere, termenul de decofrare etc. se stabilesc în funcție de marca mortarului;

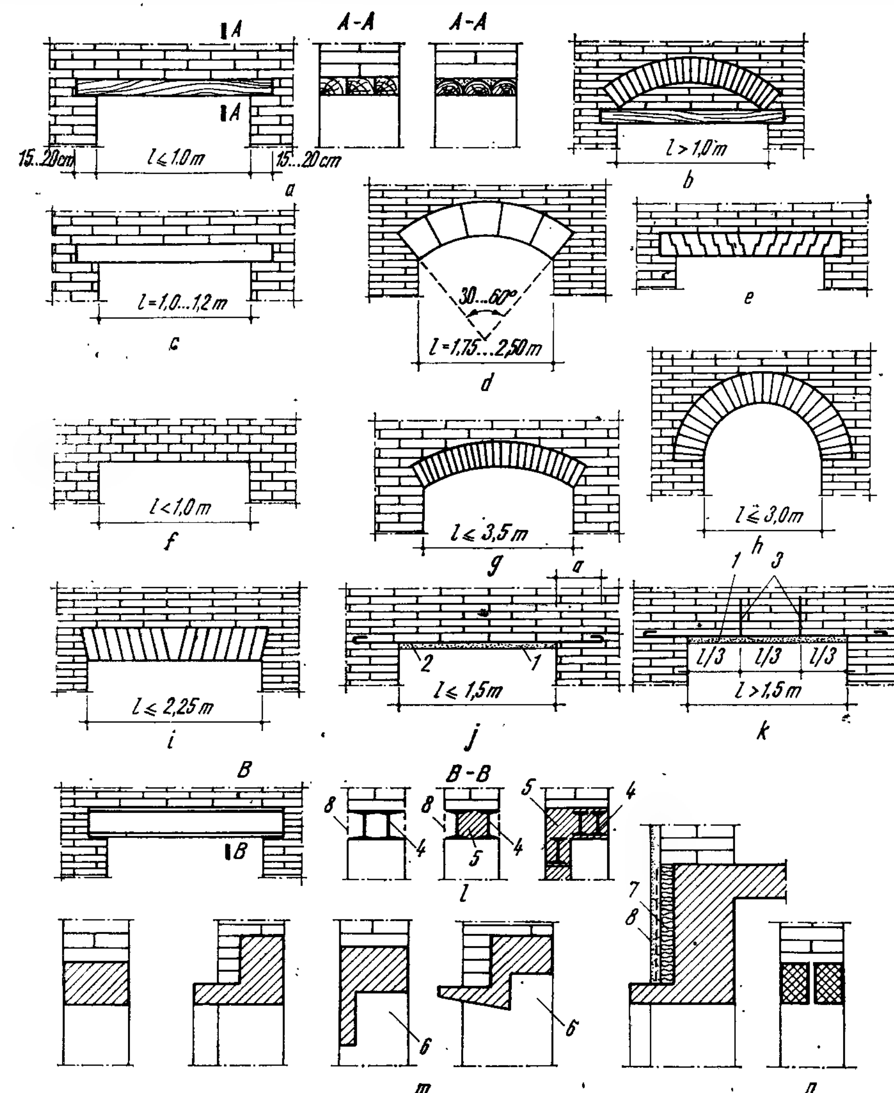


Fig. 11.62. Tipuri de buiandrugi:

a — din lemn; *b* — din lemn cu boltă de descărcare; *c* — din grindă dreaptă de piatră naturală; *d*; *e* — din bolțari de piatră naturală; *f* — din zidărie de cărămidă; *g*; *h* — din zidărie de cărămidă realizați sub formă de arc pleoștit sau în plin cintru; *i* — din cărămizi sub formă de pană; *j*; *k* — din zidărie armată; *l* — metalici; *m* — din beton armat monolit; *n* — prefabricați din beton armat; *1* — mortar minim M 100; *2* — armătură de rezistență; *3* — armătură de consolidare; *4* — profiluri metalice; *5* — beton turnat monolit; *6* — gol pentru rulou; *7* — termoizolație; *8* — tencuială pe plasă de rabit.

— *buiandrugii din zidărie armată* se pot utiliza pentru deschideri de 2...3 m; sînt realizați din zidărie de cărămidă obișnuită cu armături dispuse în mortar de ciment de marcă cel puțin M50 și grosime de 2...3 cm;

— *buiandrugii metalici* se folosesc pentru deschideri mai mari de 1,50 m și pentru încărcări mari. În mod obișnuit, se folosesc profiluri laminate de tip I

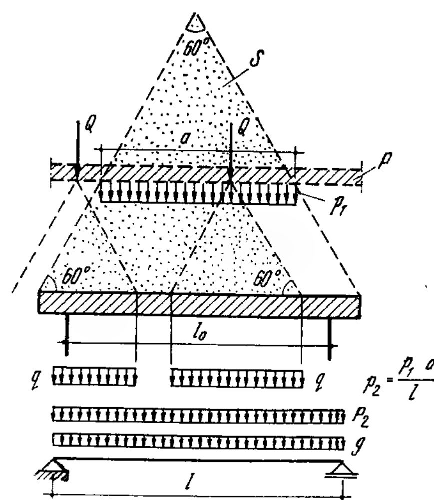


Fig. 11.63. Încărcările de calcul pentru buiandrugi:

S – suprafaţa zidăriei care se descarcă pe buiandrug; p_1; p_2 – încărcarea din planşeu la nivelul acestuia, respectiv la nivelul buiandrugului; q – încărcarea pe buiandrug din forţa concentrată; g – greutatea proprie a buiandrugului; P – planşeu.

sau U înglobate sau nu în beton (fig. 11.62, *l*);

— *buiandrugii din beton armat* sînt cei mai des folosiţi. Se pot realiza monolit sau din elemente prefabricate pe toată grosimea peretelui sau pe o grosime limitată, în vederea corectării punţii termice cu un material termoizolant sau cu o căptuşeală de zidărie cu grosimea de 12,5 cm (fig. 11.62, *m*, *n*). La pereţi cu lăţimi mici ale şpaleţilor, se pot prevedea buiandrugi comuni pentru două sau mai multe goluri. În cazul cînd distanţa de la buiandrug la planşeu este mică, apare judicioasă adoptarea unui element comun pentru buiandrug şi pentru centura planşeului.

Calculul buiandrugilor din lemn, piatră, metal sau beton se face ca pentru grinzi simplu rezemate încărcate cu greutatea zidăriei de deasupra şi încărcarea din planşeu, considerînd efectul de boltă (fig. 11.63).

11.7.3. CORNIŞE. ATICURI

Cornişele sînt elemente ale pereţilor dispuse orizontal la partea superioară, avînd rol de protecţie împotriva intemperiilor (ploaie, zăpadă) şi de plastică arhitecturală. La construcţiile monumentale, împreună cu arhitrava şi friza, cornişa formează antablamentul, fiind partea superioară a acestuia.

În sens general, în noţiunea de cornişă intră toate elementele orizontale profilate, proeminente în afară ale pereţilor (fig. 11.64):

— cornişe principale sau de coronament;
— cornişe intermediare denumite şi brîie;
— ieşinduri orizontale la ferestre, la partea de sus şi de jos (ancadrament, solbanc);
— cornişe de soclu.

După natura materialelor din care se pot realiza, se disting (fig. 11.65):

— cornişe din zidărie de cărămidă nearmată sau armată;
— cornişe din blocuri de piatră naturală, de beton sau ceramice;
— cornişe din beton armat (monolite sau din elemente prefabricate);
— cornişe din tencuială pe schelet metalic, rabiţ sau lemn;
— cornişe din mortar de ciment.

Construcţia şi alcătuirea cornişelor depinde de mărimea efectului de consolă, de sistemul constructiv, de structura de rezistenţă a clădirii, de finisajele exterioare preconizate.

La pereţii din zidărie, cornişele care ies în afara peretelui cu cel mult 1/2 din grosimea lui, se pot executa prin scoaterea simplă în consolă a cărămizilor. Cornişele care ies în afara peretelui cu mai mult de 1/2 din grosimea lui sau la care un rînd de zidărie ar trebui să iasă cu mai mult de 10 cm faţă de cel de dedesubt, vor fi susţinute sau alcătuite din elemente de construcţie speciale:

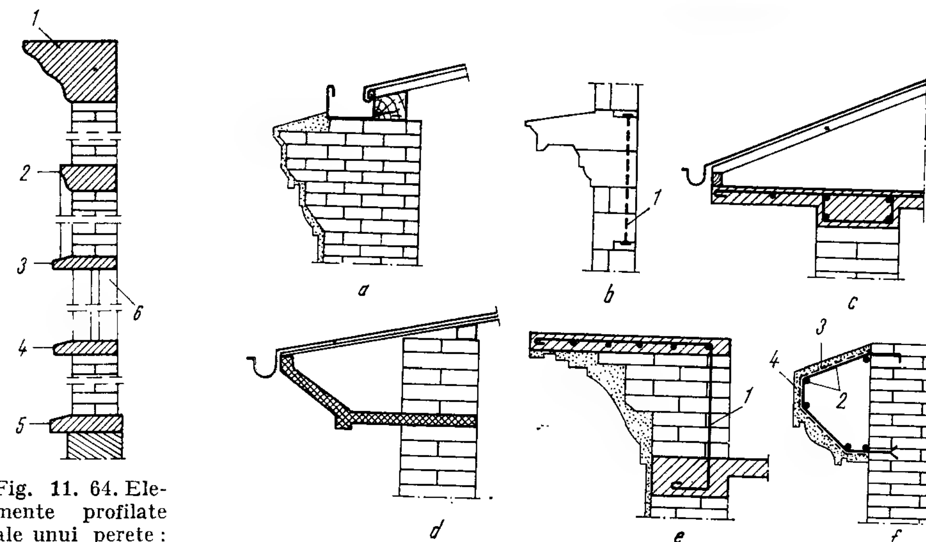


Fig. 11. 64. Elemente profilate ale unui perete:

1 – cornişa principală; *2* – brîu; *3* – ancadrament; *4* – solbanc; *5* – soclu; *6* – gol pentru fereastră.

Fig. 11.65. Tipuri de cornişe:

a – din zidărie; *b* – din piatră naturală; *c* – din beton monolit; *d* – din elemente prefabricate de beton; *e* – din beton monolit şi tencuială; *f* – cornişă falsă pe schelet metalic; *1* – armătură pentru ancorare; *2* – schelet din oţel – beton; *3* – plasă de rabiţ; *4* – tencuială.

plăci de beton armat monolit (fig. 11.65, *c*), elemente de cornişe prefabricate din beton armat (fig. 11.65, *d*) etc. Stabilitatea cornişelor care nu sînt la acelaşi nivel cu planşeul va fi asigurată fie prin greutatea zidăriei (fig. 11.65, *d*), fie prin ancorarea în planşeul de dedesubt cu bare din oţel aşezate în rosturile verticale (fig. 11.65, *e*).

La pereţii din beton monolit, cornişele se pot realiza fie monolite, fie din elemente prefabricate.

La clădirile din panouri mari, se folosesc cornişe prefabricate adaptate sistemului de prindere al panourilor.

La clădiri de importanţă mai mică, cu şarpantă din lemn, se pot adopta cornişe din lemn sub formă de căpriori aparenţi profilaţi sau sub formă de streaşină înfundată.

În ceea ce priveşte calculul cornişelor, se poate distinge un calcul la stabilitate al cornişei, prin care se verifică dacă momentul de stabilitate este mai mare ca cel de răsturnare şi un calcul de rezistenţă, în care se verifică efectiv cornişa (la încovoiere şi forţă tăietoare), peretele (la compresiune excentrică) şi ancorajul cornişei. Problemele se pun diferit, în funcţie de modul de realizare al cornişei. În figura 11. 66 se prezintă încărcările care acţionează pe o cornişă prefabricată.

Pe măsură ce înălţimea clădirii creşte, pentru a putea proteja faţada, cornişele ar trebui realizate cu deschideri din ce în ce mai mari, avînd în vedere că ploaia cade, în general, sub un unghi de 15°. În aceste cazuri, clădirile se execută în mod obişnuit cu atic.

Aticul reprezintă o continuare pe verticală a pereţilor (în mod obişnuit a celor exteriori) deasupra nivelului terasei, avînd următoarele funcţiuni:

— de racordare a hidroizolaţiei la terasele cu scurgere interioară a apelor pluviale;

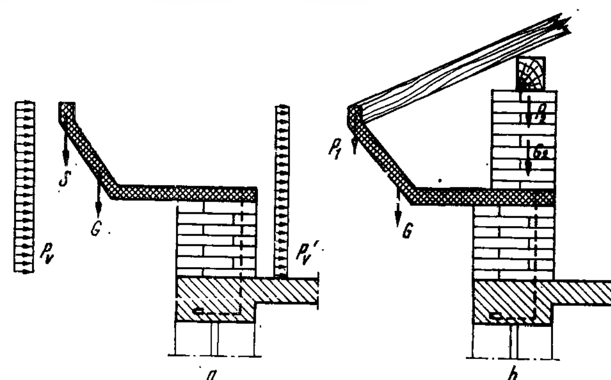


Fig. 11.66. Încărcările care acționează asupra unei cornișe prefabricate:

a – în timpul montajului; *b* – în exploatare; *S* – încărcarea din schela suspendată; *G* – greutatea cornișei; p_v; p_v' – acțiunea vîntului cu presiune, respectiv cu sucțiune; G_2 – greutatea peretelui de deasupra cornișei; P_1; P_2 – încărcări din acoperiș.

— de realizare a aspectului arhitectural al fațadelor;

— de mascare a unor elemente marginale de deasupra terasei (panta, canalele de ventilație etc.);

— în cazul teraselor circulabile, reprezintă un element de siguranță pentru persoanele care circulă pe terasă.

Aticele se pot realiza din zidărie sau din beton monolit.

Înălțimea aticului la terase necirculabile trebuie să asigure o racordare a hidroizolației pe cel puțin 25 cm, iar la terasele circulabile, înălțimea minimă de siguranță prescrisă în norme este de 90...100 cm.

Aticul este protejat împotriva intemperiilor cu un coronament alcătuit dintr-o placă de beton cu grosimea de 8...10 cm, tencuită cu mortar de ciment sclivisit sau se acoperă cu tablă galvanizată prevăzută cu lăcrimare pe ambele părți. Protecția hidrofugă a părții verticale a aticului se realizează prin prelungirea hidroizolației pînă sub copertina acestuia.

11.7.4. ANCORAREA PEREȚILOR. CENTURI

În scopul realizării conlucrării spațiale dintre pereți, precum și între pereți și planșee la acțiunea celor mai defavorabile combinații de încărcări (gravitaționale și orizontale), este necesar a se prevedea legături între aceste elemente.

În general, în cazul clădirilor cu pereți portanți, se pot distinge două tipuri de legături:

— legături la colțurile, intersecțiile și ramificațiile pereților, realizînd legătura și conlucrarea pereților pe orizontală și verticală. Aceste legături sînt dispuse în lungul intersecției pe verticală a pereților;

— legături orizontale dispuse la intersecția pereților cu planșeele (centuri), realizînd legătura și conlucrarea atît a pereților între ei, cît și legătura și conlucrarea între pereți și planșee.

11.7.4.1. **Legături la colțuri, intersecții și ramificații.** În cazul pereților din beton monolit, legăturile la colțuri, intersecții și ramificații se realizează cu ajutorul carcaselor, pe toată înălțimea clădirii. Carcase se mai dispun și la capetele pereților (care pot avea sau nu evazări), cît și în jurul golurilor (fig. 11.67). Armătura verticală de la intersecțiile pereților va avea o secțiune de cel puțin

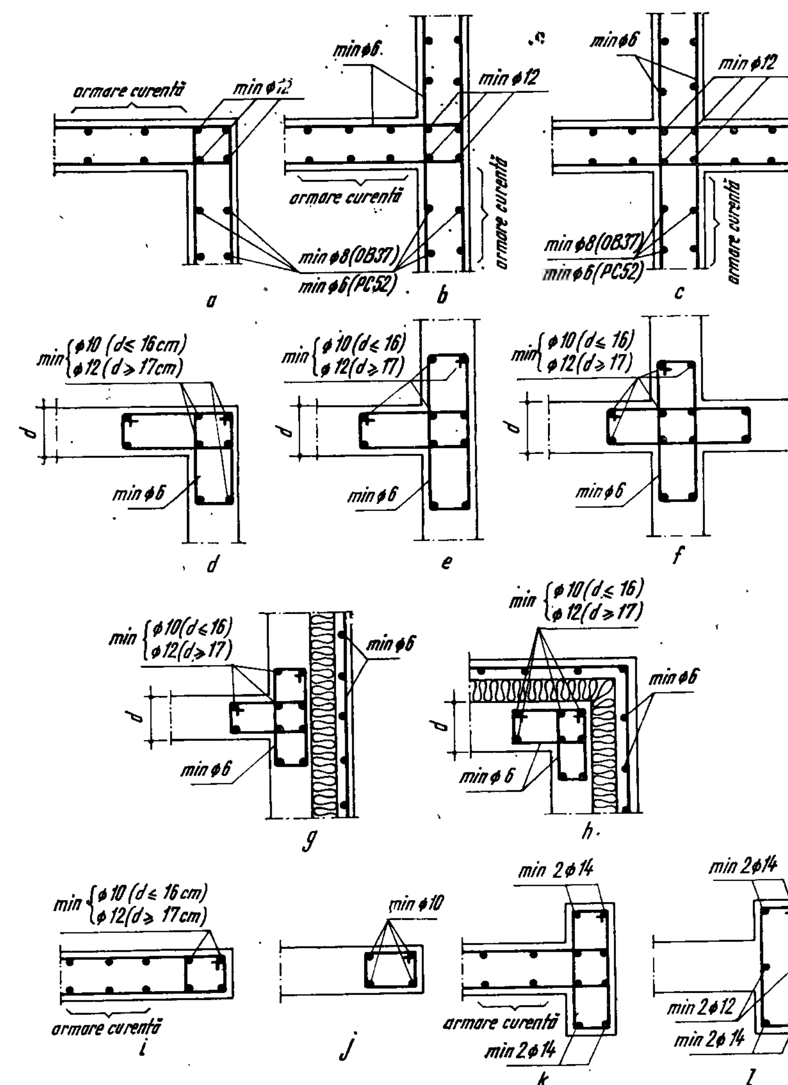


Fig. 11.67. Detalii de armare a pereților din beton armat monolit la colțuri, intersecții, ramificații, capete de diafragme și bordări de goluri:

a; *b*; *c* – detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori, la nivelurile unde se face și armare în secțiunea curentă; *d*; *e*; *f* – detalii de armare a colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor la pereți interiori la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *g*; *h* – armarea ramificațiilor și colțurilor la pereții exteriori, la nivelurile unde nu se armează pereții în secțiunea curentă; *i*; *j* – armarea pereților interiori la capete fără evazări sau la bordări de goluri, la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă a pereților; *k*; *l* – armarea pereților interiori la capete cu evazări (bulbi), la nivelurile cu și fără armătură în secțiunea curentă.

0,15% din secțiunea convențională a intersecției, reprezentată hașurat în figura 11.68.

Pentru preluarea tensiunilor de întindere orizontală care apar din cauza contracției împiedicate a betonului, precum și din întreruperile tehnologice de turnare, se prevede o armare constructivă cu plase a pereților astfel: la clădirile avînd P + 4E, armarea se face numai la primul nivel (parter), iar

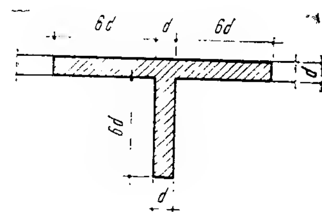


Fig. 11.68. Secţiunea convenţională de armare a pereţilor din beton armat monolit.

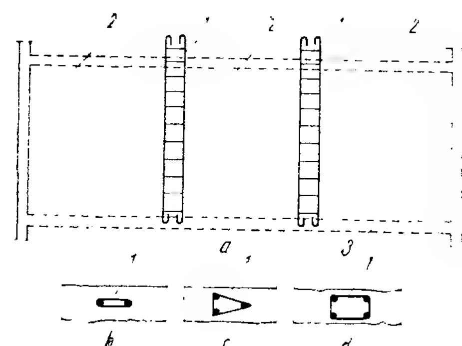


Fig. 11.69. Armarea pereţilor fără goluri care au lungime mare:

a – elevaţie perete; *b* – carcasă cu două bare; *c* – carcasă cu trei bare; *d* – carcasă cu patru bare; *1* – carcasă de armătură; *2* – panou nearmat; *3* – planşeu; *4* – perete perpendicular.

la clădirile cu mai mult de P + 4E se armează primele două niveluri (parterul şi etajul I). În cazurile cînd clădirea are şi subsol, pereţii se armează şi la subsol pe acelaşi considerent. Pentru preluarea tensiunilor din dilatarea planşeului terasă, se armează cu plase ultimul nivel. Barele orizontale ale plasei se aşază spre exteriorul secţiunii. Distanţa maximă între bare, orizontale sau verticale, este de 30 cm. Se recomandă următoarele procente minime de armare: pentru barele orizontale 0,10 ... 0,15%, iar pentru barele verticale 0,15...0,25% la armarea cu OB 37 şi 0,10...0,15% la armarea cu PC 52.

La pereţii nearmaţi, cu lungimi mari, neîntrerupţi prin goluri sau intersecţii cu alţi pereţi, se realizează o armare cu stîlpişori (carcase) din 2, 3 sau 4 bare verticale, dispuse astfel încît să compartimenteze peretele în porţiuni apropiate de pătrat (fig. 11.69).

La sistemul de turnare al pereţilor în cofraje metalice universale (de tipul INCERC), de dimensiuni mari ce depăşesc lungimea unei camere, se execută întîi pereţii de pe o direcţie şi apoi de pe cealaltă direcţie. În acest caz, legarea pereţilor turnaţi în cele două faze, se poate realiza astfel:

– prin tronsoane de continuitate care se întrepătrund pe înălţimea unui nivel (fig. 11.70). Înălţimea acestor tronsoane variază între 1/2 şi 1/8 din înălţimea nivelului;

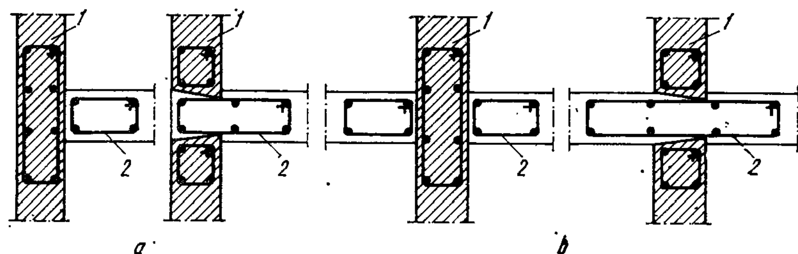


Fig. 11.70. Legarea pereţilor turnaţi în faze diferite:

a – intersecţie în T; *b* – intersecţie în cruce; *1* – tronson turnat în prima fază; *2* – tronson turnat în faza a doua.

– prin amprente (alveole) lăsate în peretele turnat în prima fază şi prin armături (mustăţi) rabătute.

Dacă din acţiunea indirectă a vîntului rezultă armătură prin calcul, atunci carcasele (stîlpişorii) de la capetele pereţilor se vor alcătui cu bare de diametre corespunzătoare solicitării.

În cazul pereţilor din panouri mari sau din elemente spaţiale, conlucrarea se realizează cu ajutorul îmbinărilor.

Legătura pereţilor din zidărie la colţuri, intersecţii şi ramificaţii se face prin ţeserea pietrelor. În cazul în care se folosesc cărămizi sau blocuri cu înălţimi de asize diferite (de exemplu, 63 sau 138 mm cu 188 mm), legarea pereţilor se asigură prin intercalarea unor stîlpişori de beton armat şi prin prevederea de armături de legătură între aceştia şi zidăriile adiacente (fig. 11.71).

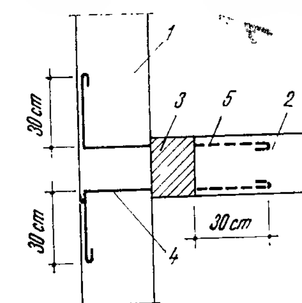


Fig. 11.71. Legarea pereţilor portanţi realizaţi din pietre cu asize diferite:

1 – perete exterior; *2* – perete interior; *3* – stîlpişor din beton armat; *4*; *5* – armături de legătură.

Pereţii exteriori din zidărie trebuie legaţi de planşee prin ancore. Ancorarea se face în dreptul fiecărui planşeu (putîndu-se eventual renunţa în dreptul planşeului peste subsol), astfel:

– prin planşee de beton armat monolit, dacă armătura principală şi de repartiţie este trecută pe toată grosimea peretelui exterior;

– prin centuri de beton armat;

– prin centuri de zidărie armată;

– prin legături de oţel-beton, dispuse la nivelul fiecărui planşeu şi între planşee la circa 2 m distanţă (fig. 11.72, *a*);

– prin grinzile planşeului;

– prin grinzi de acoperiş (dacă acestea nu dau împingeri şi sînt aşezate la cel mult 6 m distanţă).

În cazul pereţilor din zidărie cu slăbiri importante din cauza golurilor, în cazul unor tasări neegale şi la clădiri amplasate în zone seismice, este necesară întărirea pereţilor (obişnuit la colţuri şi intersecţii) cu ajutorul unor stîlpişori din beton armat (sîmburi) prinşi monolit de centuri, sau prin armarea pereţilor la colţuri şi intersecţii (fig. 11.72, *b*, *c*). Trebuie luate măsuri pentru conlucrarea zidăriei cu stîlpişorii din beton armat prin ştrepi, rosturi complet umplute sau armături ∅6...∅10 mm înglobate în rosturi.

Pereţii din zidărie de umplutură se leagă de elementele portante ale construcţiei (stîlpi, diafragme, planşee) prin împănare şi ancorare cu mustăţi sau platbande în rosturile orizontale ale zidăriei (fig. 11.73).

Pereţii cu stabilitate redusă (calcane izolate, aticuri, frontoane) şi coşurile de fum cu înălţime mare se ancorează de elementele structurale adiacente prin măsuri corespunzătoare, stabilite de la caz la caz, în proiectele de execuţie.

11.7.4.2. **Centuri.** Sînt elemente de construcţie prevăzute în pereţi, la nivelul planşeelor, avînd rolul de a asigura conlucrarea între pereţi, precum şi între pereţi şi planşee.

La pereţii din beton monolit, centurile se realizează prin prevederea unor armături orizontale în perete la nivelul planşeelor (fig. 11.74), iar la pereţii din panouri mari, prin prevederea unor armături în rosturile orizontale (v. fig. 11.13; 11.14 şi 11.15). La pereţii din zidărie, centurile se pot realiza din beton armat, din zidărie armată sau chiar din lemn.

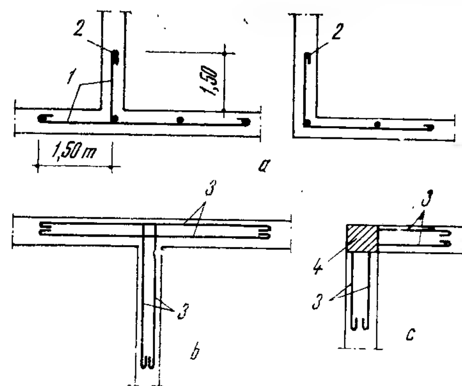


Fig. 11.72. Legături la pereți din zidărie:

a – cu legături orizontale și verticale din oțel-beton; *b* – cu armături transversale; *c* – cu sîmbure de beton armat și armături transversale; *1* – armături orizontale; *2* – armături verticale; *3* – armături transversale; *4* – sîmburi din beton armat.

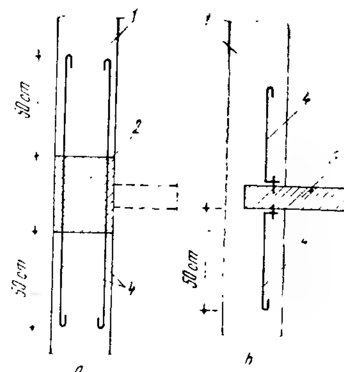


Fig. 11.73. Legarea pereților de umplutură de elementele de rezistență:

a – cu mustăți lăsate la turnare; *b* – cu mustăți sau platbande prinse cu bolțuri împușcate; *1* – perete autoportant; *2* – stîlp de beton armat; *3* – diafragmă din beton armat; *4* – mustăți de legătură.

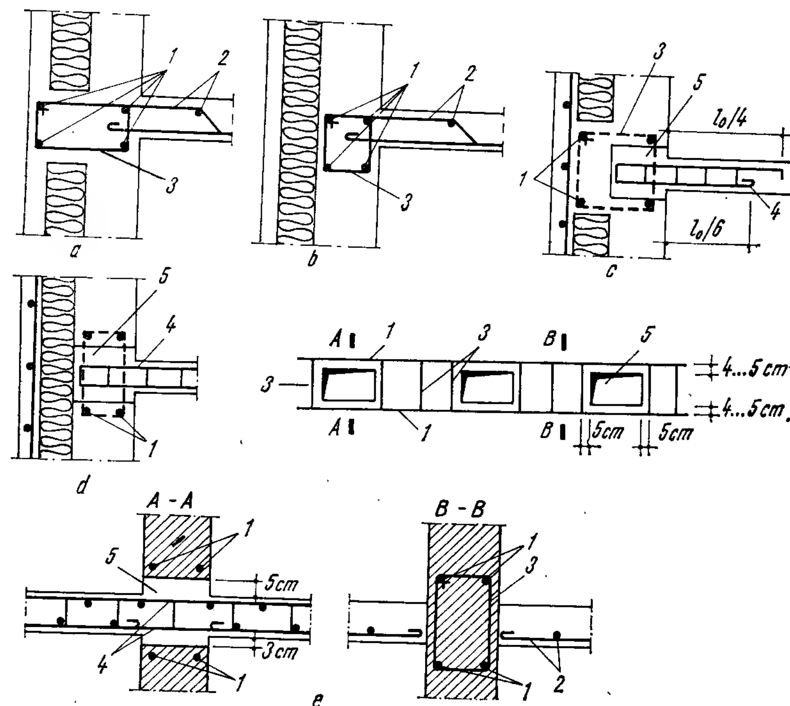


Fig. 11.74. Detalii de centuri la pereți din beton monolit:

a; *b* – la pereți turnați în cofraje fixe, centura realizînd sau nu punte termică; *c*; *d* – la pereți exteriori turnați în cofraje glisante, centura realizînd sau nu punte termică; *e* – elevație și secțiuni pentru centura pereților interiori, realizați cu cofraje glisante; *1* – armătură în centură; *2* – armătură în planșeu; *3* – etrier în centură; *4* – amătură amplasată în goluri; *5* – gol în perete pentru rezemarea planșeului.

În figura 11.75 se prezintă un detaliu de armare a centurii, buiandrugului și a marginilor golului, la un perete exterior din beton monolit.

După funcțiunea principală în construcție centurile pot fi: antiseismice, de tasare, de ancorare, de stabilitate, de repartizare a încărcărilor. Trebuie menționat faptul că o centură poate îndeplini simultan mai multe sau chiar toate funcțiunile, însă denumirea centurii se dă după cea principală pe care o îndeplinește în construcție.

Centurile antiseismice asigură conlucrarea spațială a elementelor de construcție, avînd un rol important atît în cazul clădirilor cu planșee monolite, dar mai ales în cazul clădirilor cu planșee prefabricate (fig. 11.76,*a*).

Centurile de tasare se prevăd la zidurile interioare și exterioare ale construcțiilor fundate pe terenuri susceptibile la tasări mari și inegale (fig. 11.76, *b*).

Centurile de ancorare care au rolul de a asigura conlucrarea elementelor de planșeu și cornișe cu pereții, se prevăd la pereții exteriori sau interiori (fig. 11,76, *c*).

Centurile de stabilitate se prevăd la pereții de subsol (supuși la împingereapămîntului), la pereții magaziilor sau silozurilor (supuși la împingerea materialelor), la timpane și frontoane (supuse la acțiunea directă a vîntului), la pereții supuși vibrațiilor provenite de la motoare, poduri rulante etc. (fig. 11.76, *d*).

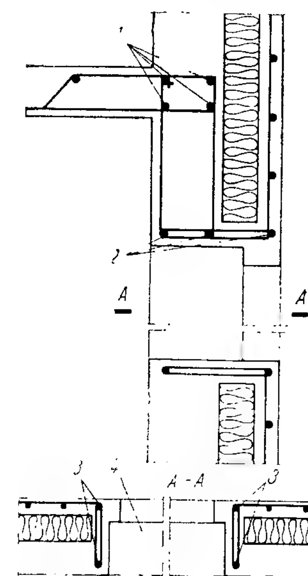


Fig. 11.75. Detaliu de armare a centurii, buiandrugului și a marginilor golului la un perete exterior, turnat în cofraje glisante:

1 – armătura centurii; *2* – armătura buiandrugului; *3* – armătură pentru bordarea golului; *4* – gol de fereastră.

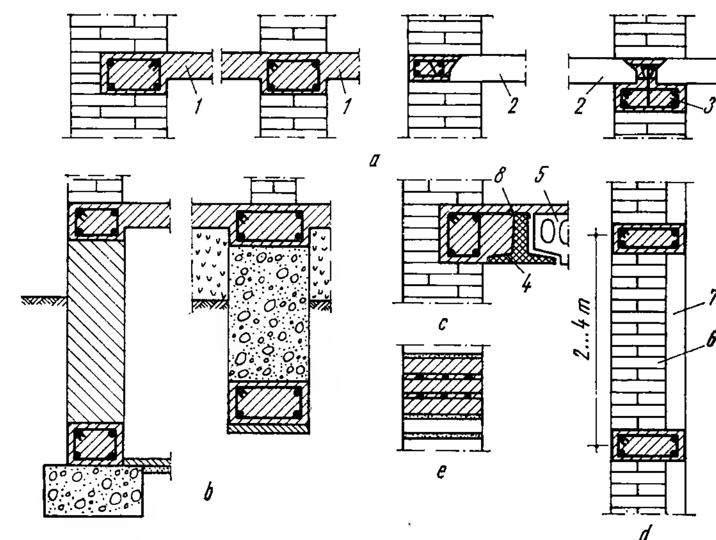


Fig. 11.76. Tipuri de centuri:

a – antiseismice; *b* – de tasare; *c* – de ancorare; *d* – de stabilitate; *e* – din zidărie armată; *1* – planșeu monolit; *2* – element prefabricat de planșeu; *3* – subcentură; *4* – grindă prefabricată de planșeu; *5* – corp de umplutură; *6* – perete; *7* – pilastru; *8* – armătură de ancorare.

În funcție de felul zidăriei, de marca mortarului și de raportul dintre înălțimea și grosimea peretelui, sînt indicate cazurile de folosire a centurilor de ancorare.

Centurile din beton armat se realizează, în general, din beton de aceeași marcă ca și betonul din planșee. Secțiunea minimă a armăturii longitudinale va fi:

— 1..2 cm^2, la centuri de ancorare;

— 2...6 cm^2, la centuri antiseismice, de stabilitate și de repartiție;

— 3...10 cm^2, la centuri de tasare și la centurile clădirilor supuse la vibrații.

Centurile din zidărie armată se realizează din zidărie de cărămidă cu marca minimă 75 sau blocuri de beton cu marca minimă 50 și mortar de marcă minimă 50 (fig. 11.76, *e*).

Calculul exact al centurilor este destul de dificil și se efectuează numai în cazul unor solicitări importante care pot fi estimate judicios, provenind din vînt, împingerea pămîntului, cutremur, tasări inegale.

Centurile care servesc la ancorarea balcoanelor sau consolelor cu deschidere mare sînt solicitate la momente de torsiune și se armează corespunzător.

Din cele prezentate se observă că se realizează un ansamblu de elemente care asigură legăturile și ancorările pereților și planșeelor. La rîndul lor, aceste elemente de legătură sînt legate reciproc, creîndu-se astfel o rețea spațială, care are un rol foarte important la rigiditatea de ansamblu a clădirii.

Pe lîngă legăturile efective, la realizarea conlucrării spațiale mai contribuie și forțele de frecare și aderență care apar între elemente.

11.7.5. COȘURI DE FUM ȘI CANALE DE VENTILAȚIE

11.7.5.1. **Coșuri de fum.** Sînt elemente verticale de construcție prevăzute cu canale pentru evacuarea gazelor din combustie și a fumului ce provin din focarele sobelor de încălzit sau gătit, cazanelor pentru apă caldă, crematoarelor de gunoaie etc. La focarele obișnuite, încărcarea termică nominală este de cel mult 34 800 W (30 000 kcal/h), în cazul alimentării cu combustibil solid și de cel mult 69 600 W (60 000 kcal/h), în cazul alimentării cu combustibil lichid sau gaze.

Mărimea secțiunii canalelor, înălțimea coșurilor etc. se determină în funcție de înălțimea activă de tiraj, de felul combustibilului folosit, de încărcarea termică nominală totală, de numărul focarelor racordate la același canal, de materialul și natura suprafeței interioare a canalelor, precum și în funcție de condițiile locale (perturbații ale curenților de aer etc.).

Tirajul coșurilor este proporțional cu înălțimea activă și cu diferența de temperatură (respectiv de densitate) dintre aerul interior și cel exterior și se exprimă cu relația:

$$H = (1 - f)\, h(\rho_e - \rho_i),\ [\text{mmH}_2\text{O}], \qquad (11.9)$$

în care f este coeficientul de frecare al gazelor pe suprafața interioară a canalului, avînd o valoare medie de 0,55;

h — înălțimea activă, în m;

ρ_e, ρ_i — densitatea aerului exterior și interior, în kg/m^3.

În cazul focarelor alimentate cu combustibil solid, înălțimea activă (de tiraj) a canalelor de fum, măsurată pe verticală de la grătarul focarului pînă la ieșirea fumului din coș va fi de cel puțin 4,50 m. Se admit înălțimi mai mici însă cel puțin 3,50 m numai pentru ultimul nivel. În aceste cazuri însă nu este permisă racordarea de focare economice cu tiraj invers (în care gazele de ardere circulă de sus în jos) și nici racordarea a două focare la același canal.

Înălțimea inactivă (de colectare a funinginei), măsurată de la baza orificiului de curățire pînă la primul racord va fi de 1/10 din înălțimea activă a canalului de fum, însă cel puțin 50 cm.

În cazul focarelor alimentate cu gaze și cu combustibil lichid, înălțimea activă (de tiraj) a canalelor poate fi redusă la 2,50 m, iar înălțimea inactivă la 50 cm indiferent de mărimea înălțimii active.

Pentru a asigura un tiraj bun, gazele arse trebuie să-și mențină temperatura ridicată pînă la ieșirea din canalul coșului. De aceea, trebuie luate măsuri pentru izolarea termică a canalelor, în special deasupra ultimului nivel și la coșurile amplasate în pereții exteriori. Prin gruparea mai multor canale într-un singur coș se micșorează pierderile de căldură, deoarece se reduce perimetrul exterior.

Pentru gruparea canalelor de fum într-un singur coș și pentru legarea sobelor îndepărtate se pot construi canale de fum înclinate cu cel mult 30° față de verticală, cu condiția ca fețele interioare să fie netede (fără trepte), iar în proiecție orizontală, devierea canalelor să nu depășească 1 m pe întreaga lungime de racordare. La un canal se poate face o singură deviere.

Coșurile de fum pot fi cu canale simple (independente) sau cu canal colector (fig. 11.77).

La coșurile cu canal colector, înălțimea activă de tiraj la un anumit nivel al clădirii se consideră egală cu media aritmetică a înălțimilor de tiraj ale tuturor focarelor racordate la colector, luate de sus în jos la nivelul respectiv:

$$H = \frac{H_1 + H_2 + \ldots + H_n}{n}. \qquad (11.10)$$

Secțiunea canalelor poate fi circulară sau rectangulară cu raportul laturilor de cel mult 1,5 și trebuie să fie constantă pe întreaga înălțime.

Secțiunile libere ale canalelor și numărul admisibil de racorduri la același canal se stabilesc în funcție de încărcarea termică nominală totală a focarelor racordate.

Amplasarea coșurilor se face de obicei, în interiorul clădirii, grupîndu-se mai multe canale la un singur coș.

Coșurile pot fi înglobate în pereții construcției sau pot fi izolate. Cele înglobate vor fi amplasate pe

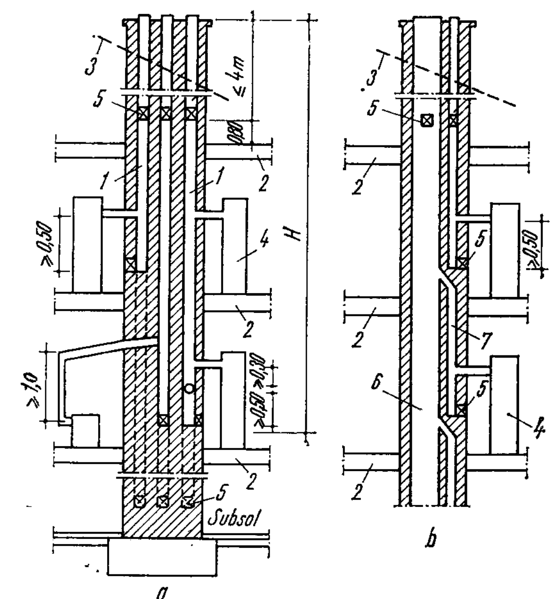


Fig. 11.77. Tipuri de coșuri de fum:
a – cu canale simple (independente); *b* – cu canal colector; *1* – canal simplu; *2* – planșeu; *3* – acoperiș; *4* – sobă; *5* – ușiță de curățire; *6* – canal colector; *7* – canal secundar de racord.

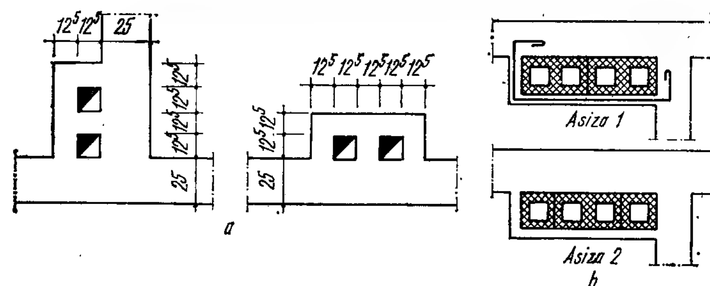


Fig. 11.78. Realizarea coșurilor de fum:
a — din zidărie de cărămidă; *b* — din elemente prefabricate de beton.

cît posibil în pereții neportanți. Amplasarea coșurilor în pereții portanți și de contravîntuire se va face astfel încît să nu influențeze negativ comportarea mecanică a acestora. În nici un caz nu vor fi amplasate în încrucișările acestor pereți, ci numai alăturate, avînd asigurată stabilitatea prin țesere sau, la cele din elemente prefabricate, prin ancorare cu brățări sau alte mijloace constructive (fig. 11.78). Coșurile din blocuri prefabricate și din elemente cu dilatări mari la variații de temperatură se execută fără țesere în zidăria curentă.

În interiorul clădirii, pereții exteriori ai coșurilor din zidărie de cărămidă trebuie să aibă o grosime de cel puțin 11,5 cm, iar ai celor din elemente prefabricate de cel puțin 10 cm. În cazul cînd aceste elemente au o grosime mai mică, ele vor fi înglobate de jur împrejur în zidărie sau căptușite cu un material termoizolant, incombustibil, cu eficiență termică echivalentă.

Nu se admit canale de fum în pereții exteriori decît cu o protecție termică suplimentară, de exemplu, cu îngroșarea pereților expuși ai canalelor din zidărie de cărămidă la 24 cm sau cu intercalarea unui strat termoizolant incombustibil, cu eficiență termică echivalentă.

Coșurile trebuie amplasate în partea mai înaltă a acoperișului; se are astfel în vedere atît reducerea pierderilor de căldură cît și evitarea zonelor în care se formează curenți de aer defavorabili care ar putea inversa tirajul. La amplasarea în plan orizontal, se vor evita coamele, crestele, doliile (eventual și căpriorii), deoarece altfel se creează discontinuități în elementele structurii de rezistență ale acoperișului. Coșurile se vor amplasa cu latura lungă paralelă cu linia de cea mai mare pantă a acoperișului, pentru a expune latura mică apelor de precipitații care curg pe acoperiș (fig. 11.79).

Înălțimile minime ale coșurilor deasupra acoperișurilor sînt date în figura 11.80.

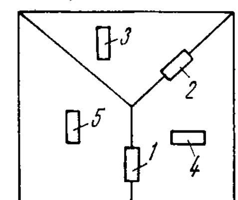
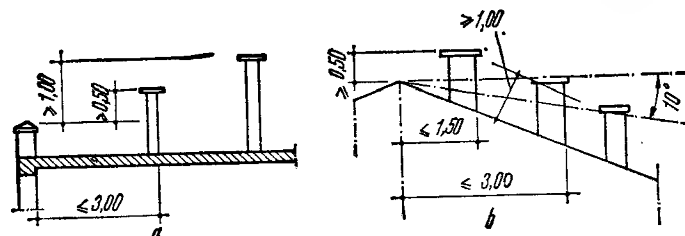


Fig. 11.79. Amplasarea coșurilor pe acoperiș:
1; *2* — poziții defavorabile deoarece întrerup coamele acoperișului; *3*; *4* — poziții favorabile deoarece permit scurgerea apelor pe acoperiș; *5* — poziție defavorabilă deoarece împiedică scurgerea apelor pe acoperiș.

Fig. 11.80. Înălțimea coșurilor peste acoperișuri:
a — la acoperișurile terasă; *b* — la acoperișurile cu pantă mare.



Pentru zidăria canalelor de fum vor fi folosite materiale rezistente la acțiunea gazelor de combustie și a căldurii; se folosesc cărămizi pline din argilă arsă, fiind interzisă utilizarea cărămizilor sau blocurilor poroase sau cu găuri.

Pentru a se obține suprafețe interioare netede și etanșe, canalele se tencuiesc sau se căptușesc cu olane sau cu corpuri ceramice odată cu execuția zidăriei coșului, asigurîndu-se o umplere bună cu mortar a mufelor și a spațiului dintre zidărie și olane (fig. 11.81).

Pentru realizarea coșurilor se pot folosi și elemente prefabricate din beton cu unu sau mai multe canale, rezistente la acțiunea corosivă a fumului și a gazelor de ardere, folosind ciment metalurgic (fig. 11.82). Conlucrarea blocurilor prefabricate se realizează cu ajutorul armăturilor, etrierilor și a betonului de monolitizare.

Piesele din lemn sau din alt material combustibil, precum și grinzile metalice din planșee vor fi separate de canalul de fum al coșului printr-o grosime de zidărie plină de cel puțin o cărămidă. În acest scop, la traversarea planșeelor se va face o îngroșare a zidăriei sau se va adăuga o centură din beton armat (fig. 11.83, *a*, *b*). Piesele de lemn ale șarpantei vor fi separate de canalul de fum printr-o grosime de zidărie plină de minimum 1/2 cărămidă, lăsînd și un spațiu de aer de 10 cm pînă la tencuiala coșului (fig. 11.83, *c*).

Este interzisă rezemarea pe zidăria coșului a grinzilor planșeelor și șarpantelor. Grinzile din dreptul coșurilor se vor descărca pe grinzile vecine prin intermediul unor juguri (fig. 11.83, *d*).

La coșurile înalte, trebuie asigurată stabilitatea deasupra ultimului planșeu

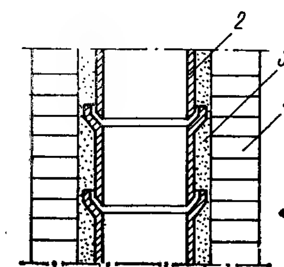


Fig. 11.81. Căptușirea coșurilor cu olane:
1 — zidărie; *2* — olane cu mufă; *3* — mortar.

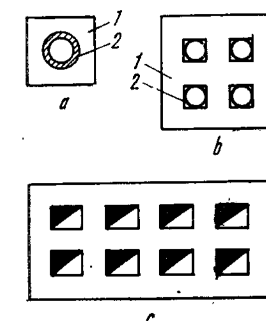


Fig. 11.82. Elemente prefabricate pentru coșuri:
a — element prefabricat cu un singur canal realizat din bloc de beton și olan ceramic înglobat; *b* — element prefabricat cu patru canale, realizat din bloc de beton și olane ceramice înglobate; *c* — element prefabricat cu opt canale; *1* — bloc de beton; *2* — olane ceramice.

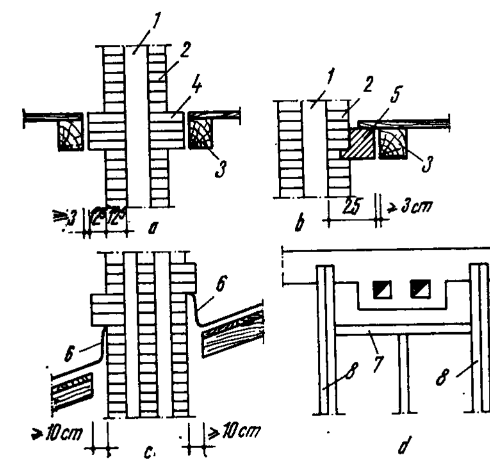


Fig. 11.83. Măsuri constructive pentru prevenirea incendiilor la coșurile de fum:
a; *b* — la traversarea unui planșeu din lemn; *c* — la traversarea acoperișului; *d* — întreruperea căpriorilor sau a grinzilor de planșeu în dreptul coșului; *1* — canal de fum; *2* — zidăria coșului; *3* — grindă din lemn, paralelă cu secțiunea coșului; *4* — îngroșarea zidăriei coșului la o cărămidă grosime; *5* — centură din beton armat; *6* — șorț din tablă; *7* — jug; *8* — grindă dublă.

care se realizează prin îngroşarea pereţilor exteriori la 24 cm, prin armare longitudinală sau prin ancore şi legături de oţel fixate de planşeu sau de pereţii portanţi.

Coşurile vor avea o acoperire rezistentă la intemperii. Eventualele căciuli de protecţie sau alte coronamente, folosite la activarea tirajului, trebuie să fie bine fixate şi să nu stînjenească curăţirea canalelor de fum.

11.7.5.2. **Canale de ventilaţie.** Canalele de ventilaţie şi în general ventilaţiile se realizează pentru evacuarea aerului interior şi a vaporilor de apă din bucătării, băi sau alte încăperi, pentru a asigura o compoziţie corespunzătoare a aerului interior şi condiţii de microclimat admisibile unei exploatări normale. Dispunerea ventilaţiilor este obligatorie la încăperile fără ferestre şi acolo unde au loc degajări de gaze nocive (garaje, ateliere, vopsitorii), la încăperi încălzite cu gaze etc.

Ca principiu de funcţionare şi în ceea ce priveşte unele detalii constructive, canalele de ventilaţie au multe aspecte comune cu cele prezentate la coşurile de fum. Aceasta se explică şi prin faptul că tirajul se realizează în parte tot ca urmare a diferenţelor de temperatură, care sînt mai mici, deoarece nu are loc un proces de ardere.

Canalele de ventilare se pot concepe sub formă de canale individuale (izolate sau grupate) sau cu canal colector şi sînt realizate din zidărie de cărămidă sau din elemente prefabricate de beton.

Canalele individuale pot ieşi deasupra învelitorii sau pot fi oprite în pod şi colectate la un deflector ce se ridică deasupra acoperişului. Dacă sînt înalte, se pune problema stabilităţii lor, la fel ca şi la coşurile de fum.

Se admite gruparea canalelor de fum cu canale de ventilare, cu condiţia ca diafragmele ce le separă să fie etanşe şi să aibă grosimea de cel puţin 11,5 cm la coşurile de zidărie, respectiv de 6 cm la cele din blocuri speciale prefabricate.

Pentru ca primenirea aerului viciat să poată avea loc, aerul ce iese trebuie înlocuit cu altul proaspăt. În cazul încăperilor de mică importanţă şi cu uşi neetanşe (de exemplu, cămări, debarale etc.) se poate admite că pătrunderea aerului exterior se face prin rosturile uşilor. În cazul încăperilor mai importante, cu uşi suficient de etanşe sau la cele cu degajări nocive, se vor prevedea căi speciale pentru admisia aerului exterior.

11.8. ROSTURI DE SEPARAŢIE

Ca definiţie în sens larg, rostul reprezintă orice interval dintre două elemente mai mici sau mai mari, două tronsoane sau două părţi de clădire.

În raport cu funcţiunea principală îndeplinită (de întrerupere sau de asigurare totală sau parţială a continuităţii mecanice) şi cu rigiditatea legăturii pe care o asigură, rosturile pot fi de continuitate sau de separaţie.

Rosturile de continuitate (rigide sau elastice) au funcţiunea de a asigura legătura mecanică a elementelor adiacente (pietrele în zidărie, legătura pereţilor cu planşeele, îmbinări la panourile mari etc.), în timp ce *rosturile de separaţie* sau *de deformaţie* au funcţiunea de întrerupere a continuităţii mecanice.

Se pot distinge următoarele tipuri de rosturi de separaţie :

— rosturi de dilataţie şi contracţie ;
— rosturi de tasare ;
— rosturi antiseismice ;
— rosturi care împiedică transmisia zgomotelor.

Eliminînd legăturile prin care se transmit eforturi, rosturile de separaţie permit libertatea de deformaţie a structurilor adiacente. Dispuse în mod judicios de către proiectant, astfel de rosturi limitează la valori acceptabile eforturile suplimentare cu care se încarcă elementele structurale la variaţii de temperatură şi umiditate, la acţiuni seismice, la tasări inegale etc.

11.8.1. ROSTURI DE DILATAŢIE-CONTRACŢIE

Aceste rosturi se prevăd pentru micşorarea eforturilor provocate de variaţiile de temperatură şi umiditate.

Aprecierea deschiderii rosturilor şi a distanţei la care se amplasează se face calculînd deformaţia :

$$\Delta l = \alpha_t l \, \Delta t \frac{1}{k}, \qquad (11.11)$$

în care α_t este coeficientul de dilatare termică liniară ;
l — lungimea pentru care se calculează Δl ;
Δt — diferenţa de temperatură care poate acţiona ;
k — coeficient ce depinde de rigiditatea clădirii : la clădiri cu pereţi din beton şi zidărie, datorită rigidităţii mari, $k = 1$ iar la alte tipuri de clădiri mai elastice, k poate avea valori cuprinse între 1 şi 1,5.

În literatura tehnică sînt indicate distanţele maxime între rosturile de dilataţie-contracţie. Acestea trebuie considerate ca recomandări şi nu ca reguli obligatorii, avînd în vedere diversitatea factorilor care intervin : conlucrarea cu pereţi dispuşi pe cealaltă direcţie, cu planşeele, cu fundaţiile ; folosirea mai multor materiale ; execuţia monolită sau prefabricată ; expunerea diferită faţă de punctele cardinale etc.

Rosturile de dilataţie-contracţie întrerup continuitatea tuturor elementelor (structurale şi nestructurale) pe întreaga înălţime a construcţiei, exceptînd fundaţiile, care nu se întrerup. Constructiv, se pot realiza prin dublarea elementelor portante, prin şicanarea pereţilor verticali, prin rezemări pe console etc. (fig. 11.84).

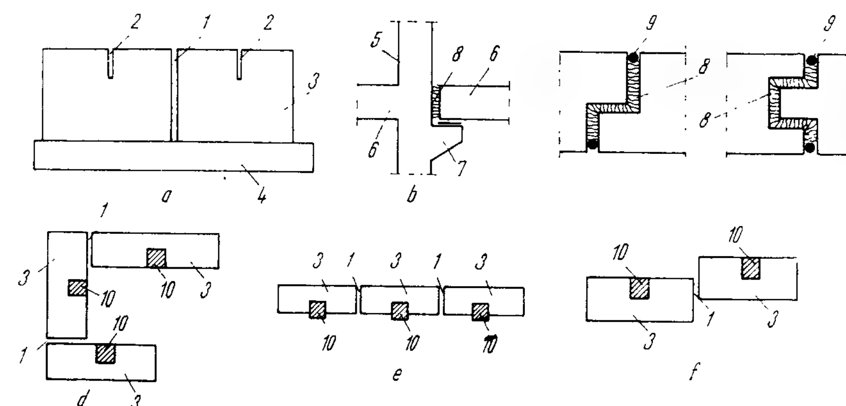


Fig. 11.84. Rosturi de dilataţie-contracţie :
a — realizate prin dublarea elementelor portante verticale ; *b* — realizate cu consolă ; *c* — realizate prin şicanarea pereţilor verticali ; *d* ; *e* ; *f* — împărţirea clădirilor în tronsoane prin rosturi de dilataţie-contracţie ; *1* — rost de dilataţie-contracţie ; *2* — rost secundar pentru nivelurile superioare ; *3* — tronson de clădire ; *4* — fundaţie ; *5* — stîlp ; *6* — riglă ; *7* — consolă ; *8* — material elastic ; *9* — material de etanşare ; *10* — casa scării.

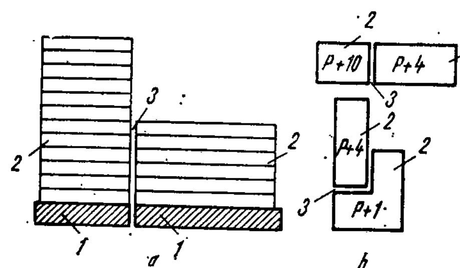


Fig. 11.85. Dispunerea rosturilor de tasare la clădiri cu înălţimi diferite :
a – elevaţie ; b – plan ; 1 – fundaţie ; 2 – tronson de clădire ; 3 – rost de tasare.

Lăţimea rosturilor se poate determina punînd condiţia ca deplasările elementelor adiacente să nu fie împiedicate. În mod obişnuit, la construcţiile civile ele variază între 10 şi 30 mm. La construcţiile cu pericol mare de incendiu, rosturile trebuie să aibă o lăţime de cel puţin 50 mm.

În ceea ce priveşte poziţia în plan, se recomandă ca rosturile de dilataţie-contracţie să se amplaseze în zonele de concentrare a eforturilor din temperatură, respectiv în zonele în care se modifică forma în plan a clădirilor şi unde apar schimbări bruşte de secţiune, de materiale sau de structură.

Pentru faţadele mai puţin protejate, expuse la însoriri puternice, se recomandă introducerea unor rosturi parţiale suplimentare (la etajele superioare, la cornişe sau balcoane lungi, la planşee terasă etc.).

11.8.2. ROSTURI DE TASARE

Rosturile de tasare se prevăd pentru a reduce eforturile suplimentare produse de tasări diferite sau de rotiri ale fundaţiilor, cauzate de :

— natura şi stratificaţia variabilă a terenului ;

— executarea unei clădiri noi lîngă o clădire existentă la care au fost consumate tasările terenului de fundaţie ;

— executarea unor clădiri avînd părţi sau tronsoane cu încărcări diferite sau de înălţimi diferite.

În general, nu există indicaţii în ceea ce priveşte distanţa maximă dintre rosturile de tasare (totuşi, pentru panouri mari se recomandă 40 m şi lăţimea minimă a rostului de 4 cm), ci indicaţii cu privire la poziţia lor în plan (fig. 11.85).

Rosturile de tasare întrerup continuitatea tuturor elementelor (structurale şi nestructurale) pe întreaga înălţime a construcţiei, inclusiv a fundaţiilor, ceea ce permite tasarea independentă a părţilor de clădire adiacente. Constructiv, ele se realizează prin dublarea elementelor portante, prin şicanarea pereţilor verticali etc.

Trebuie subliniat faptul că rosturile de tasare realizează implicit şi funcţia rosturilor de dilataţie-contracţie, însă rosturile de dilataţie-contracţie nu pot realiza funcţia rosturilor de tasare din cauza continuităţii fundaţiei.

11.8.3. ROSTURI ANTISEISMICE

Prevederea rosturilor antiseismice se recomandă în următoarele cazuri :

— la construcţii cu disimetrii pronunţate, rezultate din forma în plan sau din prezenţa unor corpuri de înălţimi diferite, pentru evitarea defectelor defavorabile de torsiune generală ;

— la construcţiile formate din corpuri cu înălţimi sau rigidităţi mult diferite, pentru a permite vibraţia independentă a acestor corpuri, în scopul evitării apariţiei unor forţe tăietoare importante în zonele de legătură dintre corpuri ;

— la construcţiile fundate pe terenuri cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

În afara cazurilor de mai sus, se va evita fragmentarea construcţiei prin rosturi antiseismice pentru a nu se pierde avantajul conlucrării de ansamblu a structurii.

Rosturile antiseismice vor fi dispuse astfel încît să coincidă, pe cît posibil, cu rosturile de dilatare sau de tasare, iar la construcţiile cu subsoluri parţiale, să corespundă cu secţiunile de separaţie între zonele cu şi fără subsol. Ele trebuie să asigure o separare completă între suprastructurile corpurilor de construcţie, iar atunci cînd este cazul şi o separare a fundaţiilor. Rosturile antiseismice se realizează prin dublarea elementelor verticale portante ; nu se admit rosturi realizate prin rezemări pe console.

11.8.4. RECOMANDĂRI GENERALE PENTRU ROSTURILE DE SEPARAŢIE

Pentru rosturile de separaţie sînt valabile următoarele recomandări generale :

— să fie cît mai puţin vizibile din exterior şi interior, de aceea se aşază în mod obişnuit în dreptul unor colţuri intrînde ale clădirii sau în dreptul pereţilor despărţitori pentru a putea fi mascate uşor ;

— se recomandă umplerea rosturilor cu materiale elastice şi uşor compresibile (uneori şi pentru izolare termică şi fonică) ; se foloseşte vată minerală, vată de sticlă, spume de răşini sintetice, cîlţi etc. În felul acesta se evită umplerea rosturilor cu mortar, spărturi de cărămidă etc., în timpul execuţiei clădirii ;

— spre exterior se acoperă cu profiluri de tablă (zincată, de cupru sau aluminiu) sau materiale plastice, care sînt estetice şi au rol de barieră contra ploii (fig. 11.86).

Probleme mai dificile apar la rezolvarea rosturilor de separaţie de la subsol, mai ales în cazurile cînd acestea se găsesc sub nivelul apei subterane.

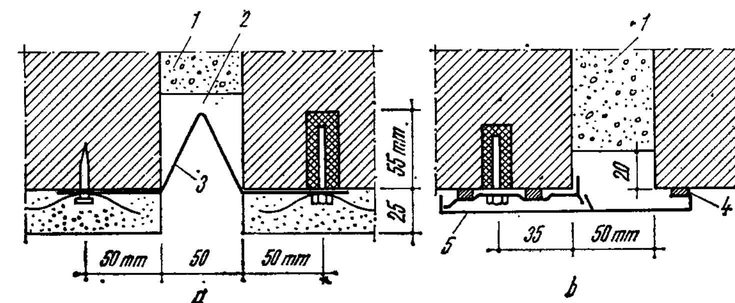


Fig. 11.86. Detalii de etanşare a rosturilor :
a – prin acoperire cu profiluri din tablă zincată ; b – prin acoperire cu profiluri din aluminiu extrudat ; 1 – strat de polistiren celular ignifugat ; 2 – spaţiu pentru decompresiune ; 3 – profil din tablă zincată ; 4 – garnitură de cauciuc ; 5 – profil din aluminiu extrudat.

11.9. DETALII DE PEREȚI

La realizarea pereților se prevăd socluri, solbancuri, ancadramente, brîie etc. cu rol estetic și funcțional.

11.9.1. SOCLURI

Soclul reprezintă partea inferioară a pereților exteriori, situată deasupra terenului natural sau a trotuarului.

Datorită poziției sale, soclul este partea cea mai expusă a peretelui, asupra lui acționînd :

— încărcările verticale ale suprastructurii clădirii ;

— lovirile accidentale ;

— intemperiile (ploaie, zăpadă) ;

— tendința de migrare a apei (de la exterior spre interior în faza lichidă și invers în faza de vapori) ;

— împingerea pămîntului.

Înălțimea soclurilor rezultă, în mod obișnuit, din rezolvarea cotei zero a clădirii. Uneori, din motive estetice, înălțimea poate fi mai mare, iar la clădiri monumentale se poate dezvolta pe înălțimea parterului sau chiar mai mult.

În raport cu planul fațadei, soclul poate avea pozițiile indicate în figura 11.87.

Pentru a preveni infiltrațiile din ploi și staționarea zăpezii, este bine ca soclul să fie retras, deoarece în acest fel apa se scurge în jos sub formă de picături. Dacă soclul este ieșit în exterior, se recomandă realizarea lui înclinată sau acoperirea cu șorț de tablă.

Materialele utilizate pentru socluri, mai ales cele pentru stratul exterior, trebuie să satisfacă condiții de duritate, impermeabilitate și rezistență la umiditate și la îngheț-dezgheț.

În ceea ce privește realizarea soclului, se disting două situații :

— clădiri cu subsol, la care soclul reprezintă, în mod obișnuit, o continuare a pereților exteriori ai subsolului deasupra terenului natural ;

— clădiri fără subsol, la care soclul reprezintă porțiunea de perete cuprinsă între terenul natural și cota zero a clădirii.

Stratul exterior al soclurilor poate fi realizat din :

— piatră naturală care poate fi paramentul unei zidării în strat unic din piatră naturală prelucrată, zidărie mixtă avînd stratul de piatră naturală la exterior sau placaj realizat din dale de piatră naturală. Paramentul poate fi prelucrat în diverse forme, realizînd un aspect plăcut ;

— zidărie aparentă ; se poate realiza din zidărie avînd la exterior cărămizi aparente (presate, clincherizate) sau prin placare cu cărămizi aparente de fațadă ;

— tencuială obișnuită sau decorativă din mortar de ciment colorat sau mozaic ;

— beton monolit aparent ;

— placaje din dale prefabricate de mozaic sau beton mozaicat.

Din cauza complicațiilor pe care le prezintă la execuție soclurile tencuite, tendința este de

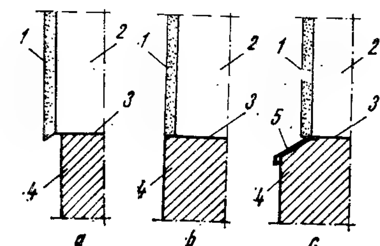


Fig. 11.87. Poziția soclului în raport cu planul fațadei :

a – retras ; *b* – în același plan ; *c* – proeminent ; *1* – tencuială exterioară ; *2* – perete ; *3* – izolație hidrofugă ; *4* – soclu ; *5* – șorț din tablă.

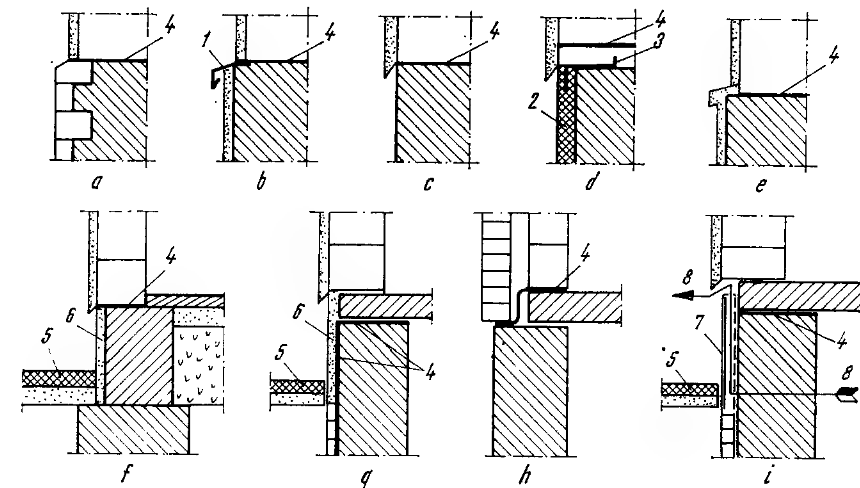


Fig 11.88. Exemple de realizare a soclurilor :

a – din piatră naturală ; *b* – tencuit și protejat la partea superioară cu șorț din tablă ; *c* – din beton aparent ; *d* – din dale prefabricate ; *e* – din mozaic frecat și lustruit ; *f* ; *g* – din tencuială hidrofugă ; *h* – din beton aparent realizat retras față de planul fațadei ; *i* – cu strat de difuzie a vaporilor ; *1* – șorț de tablă ; *2* – dală prefabricată ; *3* – ancoră metalică ; *4* – izolație hidrofugă ; *5* – trotuar ; *6* – tencuială hidrofugă ; *7* – plăci ondulate de azbociment ; *8* – circulația vaporilor de apă.

a le realiza din beton aparent sau de a le acoperi cu placaj. Astfel, se recomandă placaje cu plăci de mozaic de marmură prefabricate cu înălțimea egală cu cea a soclului și grosimea de 3 cm, care se fixează cu mortar de ciment și cu agrafe metalice.

În figura 11.88 se prezintă cîteva exemple de realizare a soclurilor.

11.9.2. SOLBANCURI

Solbancul reprezintă elementul orizontal amplasat la partea de jos a golurilor de ferestre, proeminent spre exterior, în raport cu planul fațadei (v. fig. 11.58, *a*).

Solbancurile îndeplinesc diverse funcții :

— au rol decorativ în plastica fațadelor ;

— au rol de protecție a fațadei prin captarea și îndepărtarea apelor pluviale care se scurg pe suprafața exterioară a ferestrelor ;

— au rol mecanic, evitînd fisurile produse prin forfecare la partea inferioară a golurilor.

Solbancurile se pot realiza din zidărie de cărămidă, de piatră naturală prelucrată, din beton simplu sau din beton armat (fig. 11.89).

Fiind expuse intemperiilor mediului exterior (ploaie, zăpadă), radiației solare, acțiunii înghețului și dezghețului repetat etc., solbancurile trebuie să aibă o durabilitate mare în timp, pentru evitarea unor avarii ale fațadelor. De aceea, se va evita tencuirea solbancurilor după montarea lor. Se recomandă folosirea unor solbancuri prefabricate, gata finisate pe fețele vizibile, în special cu mozaicuri frecate și lustruite, cu tencuieli realizate cu praf de piatră sau acoperirea cu șorțuri de tablă.

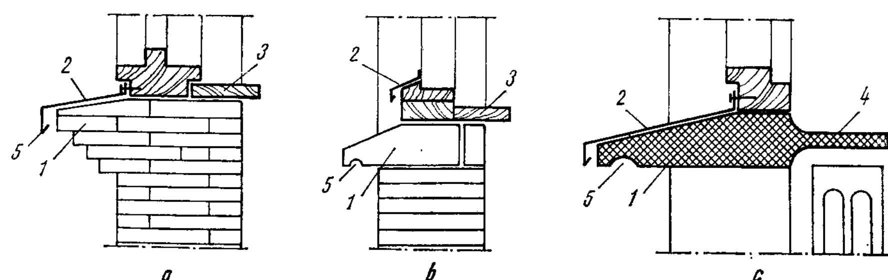


Fig. 11.89. Exemple de realizare a solbancurilor:
a – din zidărie de cărămidă; *b* – din piatră naturală sau beton; *c* – din prefabricate de beton armat; *1* – solbanc; *2* – șorț din tablă; *3* – glaf din lemn; *4* – glaf prefabricat realizat împreună cu solbancul; *5* – lăcrimar.

Îndepărtarea în exterior a apelor se face cu ajutorul lăcrimarului. În cazul pereților din beton armat (turnați monolit sau din panouri mari), dacă cerințele de plastică a fațadei sînt mai puțin pretențioase, se poate renunța la solbanc, rolul de îndepărtare a apei fiind realizat de un șorț de tablă (v. fig. 11.58,*b*).

La execuția solbancurilor se va urmări realizarea etanșeității sau prevederea unor lăcrimare la tîmplărie, pentru evitarea pătrunderii apei în interior.

11.9.3. ANCADRAMENTE

Ancadramentele reprezintă elemente decorative și de protecție ce se dispun în jurul golurilor de ferestre sau uși, fiind proeminente în raport cu suprafața peretelui. Se pot realiza din zidărie de cărămidă sau din elemente prefabricate din piatră sau beton armat (fig. 11.90).

Ancadramentele prefabricate au o serie de avantaje:

— se finisează înainte de montare;

— simplifică operațiile de realizare a golurilor la pereții de zidărie, avînd rolul de șabloane;

— dacă ancadramentul este realizat dintr-un singur element (cadru), se poate îngloba tîmplăria la turnarea lui;

— elementele orizontale (traversele) pot îndeplini și funcțiile de solbanc, respectiv buiandrug, dacă sînt alcătuite și armate corespunzător.

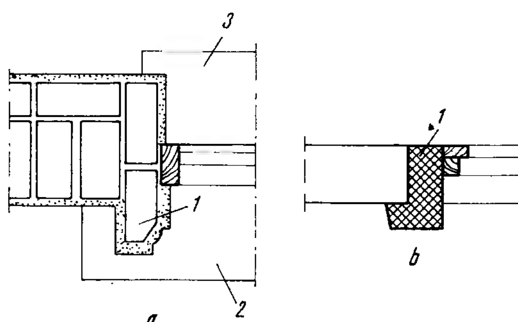


Fig. 11.90. Secțiuni orizontale prin ancadramente:
a – din zidărie; *b* – din beton prefabricat; *1* – montantul ancadramentului; *2* – solbanc; *3* – glaf.

11.9.4. BRÎIE

Brîiele reprezintă cornișe intermediare dispuse la diferite înălțimi, obișnuit în dreptul planșeelor (v. fig. 11.64). Realizînd o delimitare a fațadei în fîșii orizontale, brîiele au rol estetic, însă ele au și rol de protecție, colectînd și îndepărtînd apele pluviale ajunse pe paramentul exterior al pereților. Fiind expuse acțiunii directe a mediului exterior, trebuie să fie realizate din materiale rezistente: zidărie tencuită, piatră naturală rezistentă sau beton (fig. 11.91).

Forma brîielor trebuie astfel proiectată încît să nu rețină apele din ploi sau din topirea zăpezii; cînd sînt ieșite cu mai mult de 3 cm din planul peretelui vor fi prevăzute la marginea exterioară sau dedesubt cu lăcrimare.

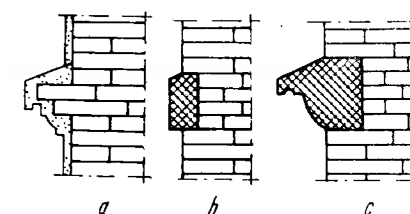


Fig. 11.91. Exemple de brîie:
a – din zidărie tencuită; *b*; *c* – din piatră naturală sau beton.

Capitolul 12

PLANȘEE

12.1. GENERALITĂȚI

12.1.1. DEFINIȚIE. SCURT ISTORIC

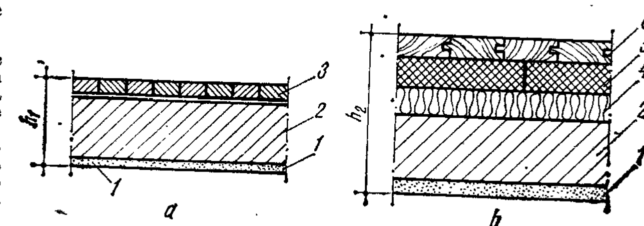
Planșeele sînt elementele de construcție orizontale care compartimentează volumul clădirii pe verticală în etaje (niveluri) și o închid la partea superioară.

Cea mai simplă structură de planșeu este alcătuită din trei părți: pardoseala, planșeul brut și tavanul (fig. 12.1, *a*). Pardoseala și tavanul sînt necesare din cerințe de finisaj, de confort și de exploatare a clădirii. Planșeul brut asigură cerințele de rezistență și rigiditate atît pentru planșeul considerat ca element de construcție, cît și ca parte integrantă din structura de rezistență a clădirii. Planșeele brute constituie elementele orizontale de rezistență ale clădirii, iar prin conlucrarea cu elementele verticale de rezistență (pereți, stîlpi) alcătuiesc structura clădirii.

Evoluția sistemelor constructive ale planșeelor brute a fost condiționată, în principal, de evoluția producției materialelor de construcții. Astfel, primele planșee au fost realizate din grinzi alăturate din lemn rotund sau cioplit. După prelucrarea mecanică a lemnului sub formă de cherestea, sistemele constructive s-au diversificat mult, în principal prin sistemul constructiv realizat din grinzi și podină de rezistență.

În paralel cu evoluția planșeelor din lemn, au evoluat și planșeele din zidărie, la început cele din piatră fasonată, apoi cele din cărămidă. Primele planșee din zidărie s-au realizat sub formă de bolți simple cu deschideri mici la clădirile de locuit, apoi progresiv evoluția se termină cu bolțile și cupolele cu deschideri

Fig. 12.1. Alcătuiri constructive de planșee:
a – ecran acustic simplu; *b* – ecran acustic dublu, cu pardoseală flotantă; *1* – finisaj tavan (tencuială, zugrăveală); *2* – planșeu brut, placă din beton armat inclusiv stratul de nivelare de la partea superioară; *3* – finisaj superior, pardoseală din parchet lamelar lipit; *4* – strat elastic fonoizolant, din plăci semirigide de vată minerală, polistiren expandat etc.; *5* – strat rigid, suport al pardoselii, din plăci de beton slab armat, din fibrobeton etc.; *6* – parchet lambă și uluc.



mari și cu forme geometrice foarte variate (bolți încrucișate, gotice, în stea sau cu nervuri, cupole sferice, bizantine etc.) la clădirile monumentale.

Fabricarea laminatelor din oțel, apoi descoperirea betonului armat, concomitent cu perfecționarea calculului elementelor și structurilor de rezistență a construcțiilor a condus la evoluția rapidă a sistemelor constructive de planșee ca geometrie, deschideri și structuri de rezistență.

În prezent, betonul ușor, betonul precomprimat, produsele din tablă ambutisată, cele ceramice cu pereți subțiri sau din mase plastice armate etc., asigură condițiile unei continue evoluții a sistemelor constructive de planșee, urmărindu-se, în principal, reducerea greutății proprii, industrializarea execuției și eficiența tehnico-economică prin condiționare cu asigurarea rezistenței și rigidității planșeului și a structurii portante a clădirii în ansamblul ei.

Planșeele pot fi alcătuite din punctul de vedere al izolării fonice sub forma unui ecran acustic simplu sau a unui ecran acustic multiplu. Planșeul ca *ecran acustic simplu* poate fi constituit dintr-un singur strat sau din mai multe straturi legate rigid între ele, alcătuind astfel ecranul acustic simplu (fig. 12.1, *a*) care respectă legea masei stabilită de B e r g e r. Cerințele ridicate de confort fonic, precum și dezvoltarea clădirilor pe înălțime, la care se impune folosirea planșeelor ușoare, au determinat realizarea lor sub formă de:

— *ecrane acustice duble*, care pot avea ori pardoseli flotante (fig. 12.1, *b*), ori tavane suspendate fixate cu legături elastice sub planșeul brut;

— *ecrane acustice triple*, alcătuite din pardoseală flotantă și din tavane suspendate fixate elastic de planșeul brut și pereții alăturați.

12.1.2. CONDIȚII TEHNICE LA PLANȘEE

12.1.2.1. **Condiții capitale.** Aceste condiții se referă la durabilitatea și rezistența la foc a planșeelor. Durabilitatea necesară planșeului se stabilește în funcție de durata de exploatare a clădirii și se asigură prin alegerea tipului de planșeu (structură, alcătuire, materiale, protecție, finisaj), în funcție de modul de acțiune și gradul de agresivitate a mediilor care vin în contact cu planșeul pe parcursul exploatării.

Gradul de rezistență la foc a planșeelor se precizează prin normativul P.C.I., în funcție de categoria clădirii și de alcătuirea constructivă a planșeului. Pentru structurile de planșee care nu se pot încadra în precizările N.P.C.I. este necesară determinarea experimentală, în condiții de laborator a gradului de rezistență la foc.

Durabilitatea și rezistența la foc a planșeelor se asigură prin alegerea judicioasă a tipului de planșeu brut cît și prin eficiența tehnico-economică a gradului de protejare și finisare a planșeului. De exemplu: pentru gradul I de durabilitate (peste 100 ani) a clădirii, gradul de rezistență la foc prescris pentru planșee este I (categoria incombustibil cu durata minimă 1 h 30′). În acest caz, planșeele din fîșii cu goluri, de beton armat prefabricat, cu tencuială de 1 cm la partea inferioară, asigură gradul I de durabilitate, categoria incombustibil și limita de rezistență la foc de 2 h.

12.1.2.2. **Condiții mecanice.** Se referă la comportarea mecanică a planșeului, astfel ca pe parcursul exploatării clădirii să nu fie depășite stările limită ultime (rezistență, oboseală, stabilitate), stările limită ale exploatării normale (deformații, apariția și deschiderea fisurilor) pentru planșeu și stările limită ale structurii clădirii în ansamblu (stabilitate, siguranță).

12.1.2.3. **Condiții fizice și igienice de exploatare.** Aceste condiții se referă la comportarea planșeului din punctul de vedere al capacității de izolare fonică (la zgomot aerian și de impact), termică, hidrofugă și a igienei finisajului planșeului (pardoseală, tavan), la nivelul cerut de destinația clădirii și a gradului ei de confort.

12.1.2.4. **Condiții economico-organizatorice.** Se referă la consumurile specifice de materiale și manoperă, indicii de costuri, gradul de modulare și tipizare, gradul de prefabricare, durata și productivitatea execuției, dotarea necesară pe șantier și la lucrările de organizare cerute de realizarea planșeelor unei clădiri. Un planșeu este eficient economic atunci cînd necesită consumuri minime de materiale, are greutate proprie redusă și execuție simplă și rapidă.

12.1.3. CLASIFICAREA PLANȘEELOR

Clasificarea planșeelor se poate face după mai multe criterii:

— *după funcțiunea și poziția lor în construcție*, pot fi: planșee terasă, planșee la nivelurile curente, planșee peste subsoluri, planșee carosabile și planșee speciale (duble cu spațiu tehnic, terasă cu pistă pentru elicoptere etc.);

— *după materialele utilizate*, planșeele se clasifică în: planșee din lemn, din zidărie, din metal, din beton armat și planșee realizate din mai multe materiale (combinate, mixte etc.);

— *după forma geometrică a tavanului*, se deosebesc: planșee curbe (bolți, cupole), planșee plane, planșee cu nervuri, planșee cu rețele de grinzi etc.;

— *după sistemul de susținere*, pot fi: planșee pe pereți de rezistență, planșee pe cadre, planșee pe stîlpi, planșee suspendate etc.;

— *după alcătuirea constructivă*, pot fi: planșee din elemente identice (grinzi, fîșii, semipanouri, panouri etc.) sau din elemente diferite (planșee din grinzi și elemente de umplutură din diverse materiale etc.);

— *după modul de execuție*, se pot realiza: planșee integral executate pe șantier, planșee parțial prefabricate și planșee integral prefabricate.

12.2. PLANȘEE DIN LEMN

Au în prezent un domeniu limitat de utilizare la construcții cu caracter turistic tradițional, clădiri de mică importanță amplasate în mediu rural și la anumite construcții provizorii.

Ca avantaje deosebite se pot menționa:
— au greutate proprie redusă;
— execuția lor este simplă;
— conferă posibilități largi de plastică arhitecturală tradițională a tavanului;
— asigură condiții bune de izolare termică și fonică;
— au o comportare bună în anumite medii agresive chimic etc.

Planșeele din lemn au însă importante dezavantaje, precum:
— durabilitate redusă;
— consumul de material lemnos este mare;
— întrebuințarea planșeelor în timp este costisitoare;
— rigiditatea la încărcări laterale este scăzută;
— săgețiile din încovoiere sînt mari etc.

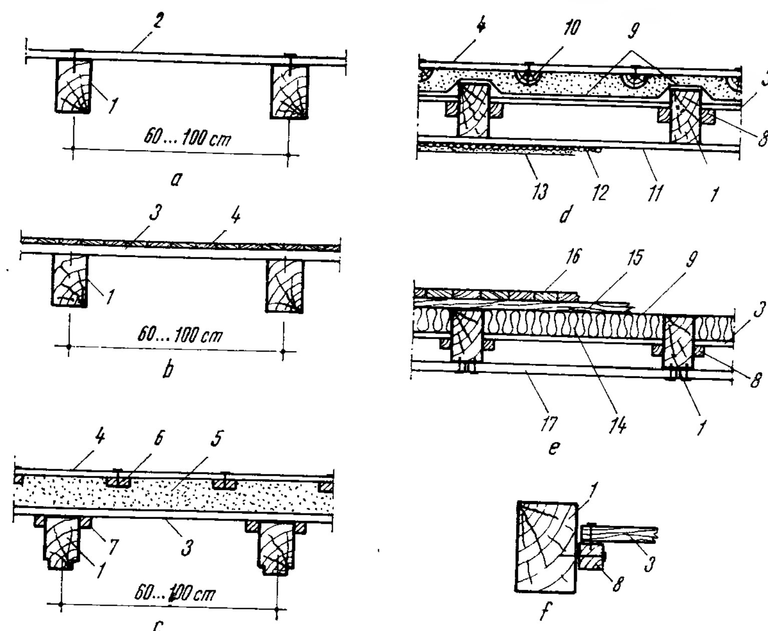


Fig. 12.2. Planşee din lemn :

a — cu grinzi aparente şi pardoseală de rezistenţă şi uzură din dulapi ; *b* — cu grinzi aparente, podină de rezistenţă şi pardoseală de uzură ; *c* - cu grinzi aparente, podină de rezistenţă şi pardoseală de uzură pe umplutură ; *d* — cu grinzi mascate, podină de rezistenţă şi pe umplutură ; *e* — cu grinzi şi cu pardoseală şi tavan montate direct pe grinzi ; *f* - detaliu de fixarea pe grinzi a stratului suport al izolaţiei ; *1* - grindă ; *2* — podină de rezistenţă şi de uzură din dulapi ; *3* - podină de rezistenţă ; *4* — pardoseală de uzură din scînduri ; *5* — umplutură pentru izolare, din materiale uşoare şi uscate ; *6* — grinzişoare ; *7* — şipcă pentru ornament ; *8* — şipcă sau riglă de susţinere a podinei ; *9* — hidroizolaţie ; *10* — cusac ; *11* — astereală din scînduri aşezate distanţat ; *12* - covor din trestie legată cu sîrmă galvanizată ; *13* — tencuială ; *14* — izolaţie termică şi fonică din BCA, vată minerală etc. ; *15* - strat suport al pardoselii ; 16 — pardoseală, din parchet ; *17* - tavan din plăci prefabricate finisate, din ipsos, PFL etc.

Planşeele din lemn sînt alcătuite din grinzi, podină de rezistenţă, elemente de umplutură cu rol de izolare şi elemente de finisaj (pardoseală şi tavan), deci sînt planşee realizate din elemente diferite, separate (fig. 12.2). La unele planşee din lemn, o parte din elementele componente (umplutură, finisaj) pot lipsi. Grinzile se pot executa cu secţiune plină sau compusă (tălpi, inimă şi rigidizări verticale), din lemn lamelat încleiat, sub formă de grinzi cu zăbrele etc.

Pentru asigurarea durabilităţii elementelor din lemn, se poate face protecţia lor cu substanţe ignifuge, antiseptice şi hidrofuge. Capetele grinzilor de rezistenţă se asigură cu protecţie suplimentară, se montează în locaşuri dispuse în pereţii portanţi, prevăzute cu spaţii de aer ventilat de 3...4 cm grosime (fig. 12.3, *a*) iar grinzile paralele cu pereţii se aşază la o distanţă de 3...4 cm (fig. 12.3, *b*) pentru a asigura uscarea lor şi evitarea contactului cu peretele încă neuscat ; comunicarea spaţiului de aer cu exteriorul este necesară pentru evacuarea vaporilor de apă din zona de rezemare a grinzilor.

Rezemarea grinzilor pe pereţii portanţi necesită uneori măsuri constructive pentru repartizarea încărcărilor pe suprafeţe mărite prin dispunerea unor tălpi

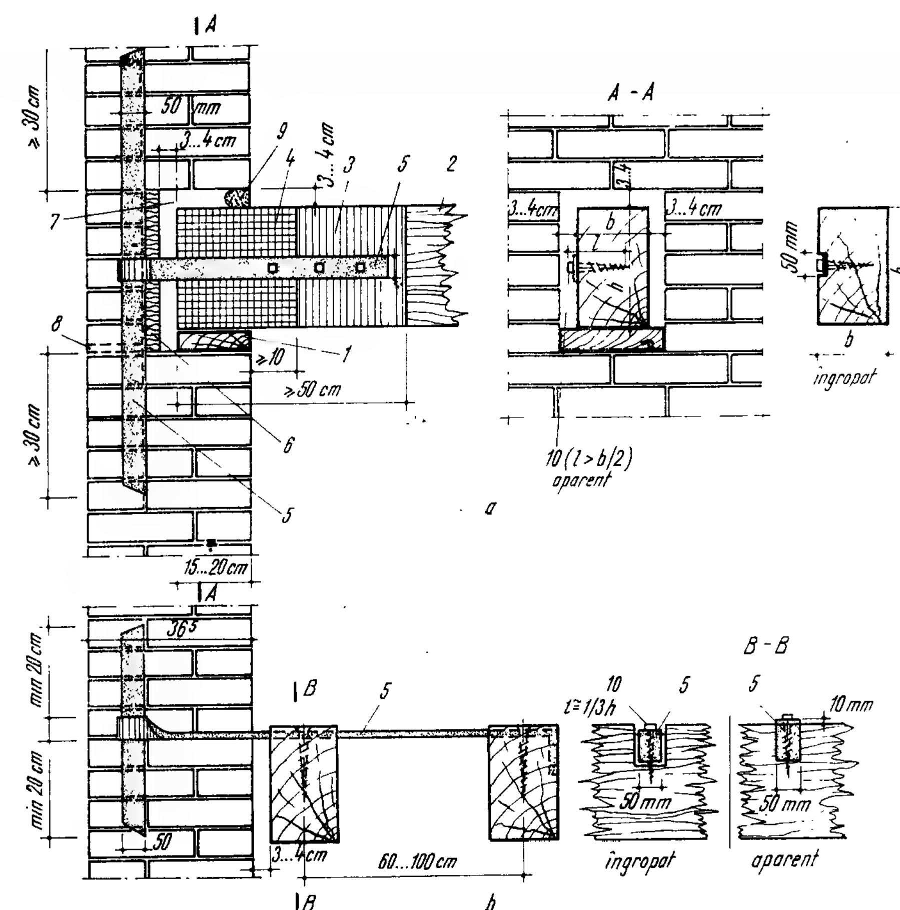


Fig. 12.3. Rezemarea şi solidarizarea grinzilor din lemn pe pereţii portanţi exteriori, inclusiv măsurile de protecţie şi izolare :

a — rezemarea grinzilor pe pereţi ; *b* - solidarizarea grinzilor paralele cu pereţii ; *1* — talpă de rezemare din dulap de esenţă tare sau două straturi de carton bitumat, lipite cu bitum ; *2* — grindă de rezistenţă ; *3* — zona grinzii tratată cu antiseptice ; *4* - zona grinzii izolată hidrofug ; *5* — ancoră metalică din oţel lat 10 × 50 mm, montată aparent sau îngropat, numai la grinzile precizate prin proiect ; *6* — izolare termică ; *7* — gol de aer ; *8* — gol pentru comunicare la exterior ; *9* — dop din mortar cu aracet ; *10* — şurub.

de repartizare (fig. 12.3, *a*) sau a unor centuri de beton armat, cît şi măsuri constructive pentru conlucrarea pereţilor cu planşeul. Grinzile care reazemă pe pereţii interiori de rezistenţă pot fi continue sau îmbinate cap la cap.

Pentru alcătuirea constructivă a planşeului este necesar să se asigure conlucrarea grinzilor planşeului între ele pentru repartizarea (preluarea) mai favorabilă a încărcărilor concentrate şi micşorarea săgeţilor din încovoiere, iar prin solidarizarea tuturor grinzilor de rezistenţă se asigură comportarea planşeului ca diafragmă cu oarecare rigiditate laterală. La planşeele cu grinzi amplasate după două direcţii, se asigură, în general, o bună conlucrare şi rigiditate. În cazul planşeelor cu grinzi dispuse după o singură direcţie avînd deschideri şi încărcări mari, sînt necesare, uneori, elemente speciale de rigidizare, dispuse constructiv sau rezultate din calcul (fig. 12.4). La calculul elementelor de rezistenţă ale planşeului, pe lîngă verificarea stării limită ultime a capacităţii por-

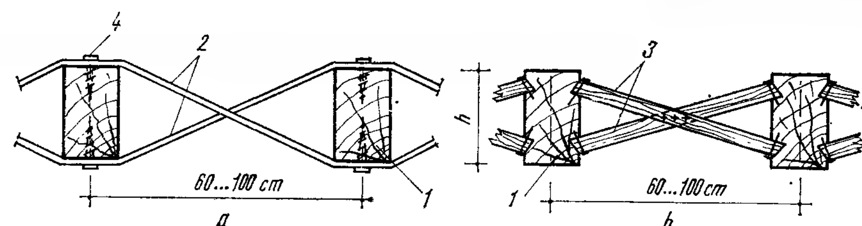


Fig. 12.4. Solidarizarea între ele a grinzilor de lemn :

a – cu piese metalice ; *b* – cu piese din lemn ; *1* – grinzi de rezistență ; *2* – diagonale din oțel lat ; *3* – diagonale din lemn, fixate în chertări și cuie ; *4* – șuruburi de fixare.

tante, este necesară verificarea săgeții maxime din încovoiere, care trebuie să fie inferioară săgeții limită prescrisă, de exemplu : săgeata grinzilor planșeelor curente, care suportă tencuiala plafonului, nu trebuie să depășească valoarea $l/350$, unde l este deschiderea de calcul a planșeului.

12.3. PLANȘEE DIN ZIDĂRIE DE CĂRĂMIDĂ

Planșeele din zidărie de cărămidă au în prezent un domeniu de utilizare foarte limitat (clădiri tradiționale, restaurări, anumite pasaje sau subsoluri cu plastică arhitecturală specifică) întrucît prezintă o serie de dezavantaje tehnico-economice, dintre care : au comportare slabă ca diafragme orizontale, dau împingeri mari din descărcarea bolților sau cupolelor, au costuri ridicate etc.

Elementul principal de rezistență al planșeului este bolta sau cupola din zidărie, de diverse forme geometrice și alcătuiri constructive, bolțile cilindrice predominînd la clădirile de locuit. Grosimile, marca zidăriei și tiranții pentru preluarea împingerilor se determină din calculul de rezistență. Schemele statice și formele utilizate mai mult sînt prezentate în figura 12.5. Încărcările verticale se preiau, în principal, prin solicitări de compresiune în zidăria bolții sau cupolei. Împingerile din boltă se preiau, la deschideri mari, prin contraforți și arc butant sau cu tiranți metalici. Se menționează o comportare slabă a planșeelor din zidărie la tasările inegale ale terenului de fundație și la acțiunea încărcărilor orizontale.

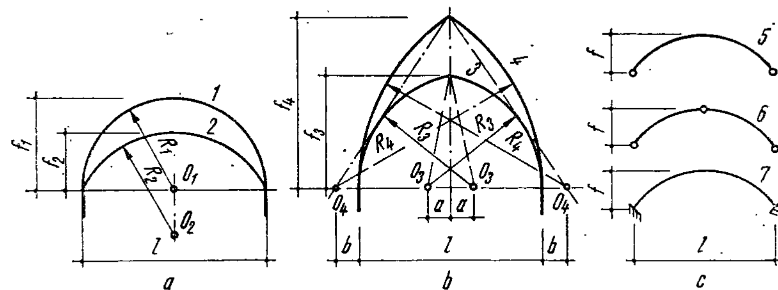


Fig. 12.5. Forme geometrice ale bolților din zidărie pentru planșee :

a – cilindrice ; *b* – ogive ; *c* – scheme statice ; *1* – în plin cintru ; *2* ; *3* – pleoștită ; *4* – înălțată ; *5* – arc cu două articulații ; *6* – arc cu trei articulații ; *7* – arc dublu încastrat.

12.4. PLANȘEE METALICE

Planșeele metalice sînt utilizate pentru clădiri cu număr mare de etaje, la clădiri cu deschideri și încărcări mari, de regulă la clădiri cu structură din schelet metalic. Au o serie de avantaje :

— capacitate portantă ridicată și comportare bună ca diafragme orizontale ;
— permit alcătuiri constructive variate, cu înălțime de construcție mică ;
— asigură o prefabricare largă și posibilități de reutilizare ;
— sînt mai ușoare decît planșeele de beton armat etc.

Dezavantajele care limitează domeniul de utilizare a planșeelor metalice sînt :

— au consum ridicat de oțel ;
— necesită măsuri pentru asigurarea durabilității (la foc, agenți corosivi, umiditate etc.), confortului fonic și termic, precum și de rigidizare și contravîntuire ;
— dau eforturi suplimentare din variații de temperatură etc.

12.4.1. PLANȘEE DIN GRINZI METALICE ȘI ELEMENTE DE UMPLUTURĂ

Se realizează din grinzi metalice alcătuite din laminate obișnuite, grinzi sudate (tălpi, inimă și rigidizări), grinzi cu zăbrele (de obicei, cu tălpi paralele) etc., rezemate pe pereți portanți sau pe riglele scheletului metalic.

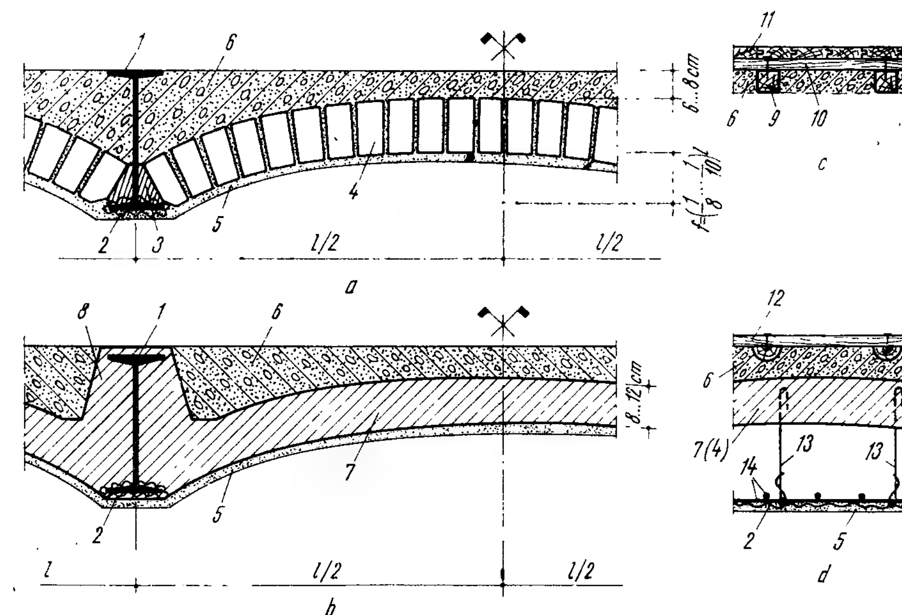


Fig. 12.6. Secțiuni transversale prin planșee cu grinzi metalice :

a – cu bolțișoare din zidărie de cărămidă ; *b* – cu bolțișoare din beton ; *c* – detaliu de pardoseală din parchet lambă și uluc ; *d* – detaliu de pardoseală din scînduri și de tavan suspendat ; *1* – grindă metalică de rezistență ; *2* – plasă de rabiț ; *3* – mortar de poză ; *4* – boltă de zidărie cu grosimea de 1/2 sau o cărămidă ; *5* – tencuială ; *6* – umplutură termoizolatoare (moloz, zgură etc.) ; *7* – boltă din beton simplu, greu sau ușor ; *8* – beton simplu pentru protecția grinzii metalice la coroziune și incendiu ; *9* – grinzișoare ; *10* – dușumea oarbă ; *11* – parchet lambă și uluc ; *12* – pardoseală din scînduri pe cusaci ; *13* – agrafe de susținere ; *14* – rețea de oțel-beton Ø 6 mm la 30 cm.

Elementele de umplutură se pot realiza din bolţi din zidărie de cărămidă sau beton (greu sau uşor), din elemente prefabricate din beton armat (greu sau uşor), din elemente ceramice etc. (fig. 12.6) Deschiderea bolţilor este cuprinsă între 1 şi 3 m, în funcţie de dimensiunea în plan a încăperilor, încărcările pe planşeu, cerinţele arhitecturale ale formei tavanelor etc. Calculul bolţilor se face în ipoteza de arce rezemate pe grinzi metalice (simplu rezemate sau continue), verificîndu-se stările limită ultime şi ale exploatării normale, cît şi rezemarea bolţilor pe tălpile grinzilor şi ale grinzilor metalice pe elementele verticale de rezistenţă, adoptîndu-se după caz, soluţii constructive pentru repartizarea încărcărilor pe suprafeţe mărite de rezemare. Împingerile bolţilor care reazemă pe grinzile din cîmpul planşeului se echilibrează reciproc, în schimb împingerea bolţii marginale trebuie preluată de structură (perete, rigla cadrului) sau de către tiranţii montaţi pe prima deschidere de boltă.

Rigidizarea între ele a grinzilor metalice pentru evitarea flambajului tălpilor comprimate, rigidizarea de ansamblu a planşeului şi soluţiile de rezemare şi conlucrare între grinzile planşeului şi elementele verticale de rezistenţă a structurii se soluţionează în funcţie de particularităţile planşeului (tipul grinzilor, deschideri, încărcări) şi de cerinţele de rigiditate privind comportarea planşeului ca diafragmă orizontală.

Planşeele din grinzi metalice şi bolţi de umplutură, caracterizate ca un tip de planşeu din elemente separate, se utilizează în cazul lucrărilor de restaurare şi foarte rar ca lucrare nouă. În prezent se realizează planşee din grinzi metalice şi corpuri prefabricate de umplutură, de regulă cu goluri, confecţionate din: beton uşor, ceramică, ipsos etc. (fig. 12.7). Acest tip de planşeu prezintă următoarele avantaje:

— greutatea şi volumul de construcţie sînt mai reduse;

— protejarea grinzilor metalice se face prin înglobarea lor în betonul de monolitizare;

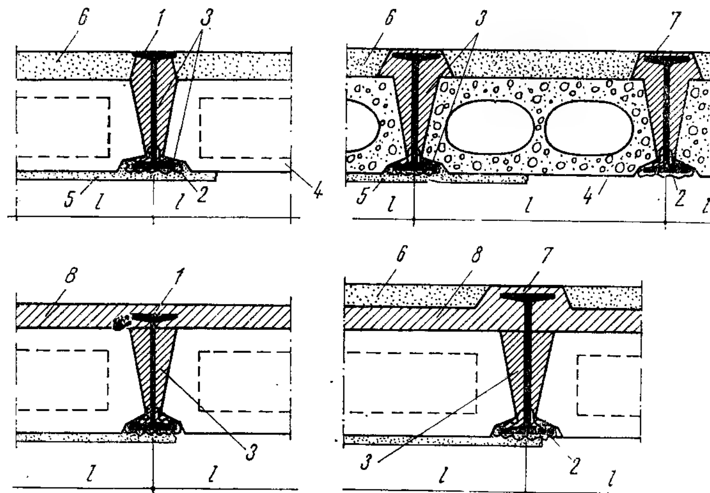


Fig. 12.7. Secţiuni transversale prin planşee din grinzi metalice şi corpuri de umplutură prefabricate:

1 – grindă metalică; *2* – plasă de rabiţ; *3* – mortar de poză şi monolitizare; *4* – corp de umplutură cu goluri; *5* – tencuială; *6* – umplutură termoizolatoare, uşoară; *7* – protecţia grinzii; *8* – suprabetonare cu armătura superioară a plăcii continuă peste talpa grinzii metalice.

— au tavan plan;

— nu necesită cintre (cofraje) la execuţie;

— permit o execuţie mai rapidă şi indici tehnico-economici mai buni.

Corpurile de umplutură se montează pe un mortar de poză şi se monolitizează concomitent cu rosturile dintre corpuri şi cu spaţiile dintre corpuri şi grinzi.

Corpurile de umplutură contribuie la izolarea termică şi fonică a planşeului şi se pot executa sub diferite forme tipizate (blocuri, plăci, fişii din beton uşor de diverse forme, semipanouri etc.), în funcţie de încărcare, distanţa între grinzi şi alcătuirea planşeului. Calculul şi dimensionarea corpurilor de umplutură se efectuează în ipoteza de grinzi simplu rezemate pe grinzile metalice.

În cazul încărcărilor utile mari, planşeele se suprabetonează cu o placă monolită din beton armat cu continuitate asigurată în zona grinzilor metalice, rezultînd majorarea capacităţii portante a planşeului, repartizarea mai bună a încărcărilor concentrate şi rigidizarea de ansamblu a planşeului prin comportarea lui ca diafragmă orizontală rigidă.

12.4.2. PLANŞEE DIN GRINZI METALICE ŞI PLĂCI DIN BETON ARMAT

Planşeele din grinzi metalice şi plăci monolite din beton armat se utilizează în cazul deschiderilor şi încărcărilor utile mari, întrucît placa monolită asigură o bună rigiditate planşeului. Prin comparaţie cu planşeul integral prefabricat din beton armat, are ca dezavantaje: consumul de oţel este mai ridicat, necesită cofraje la execuţie şi tavane false, au durată lungă de execuţie, iar indicii tehnico-economici sînt mai dezavantajoşi.

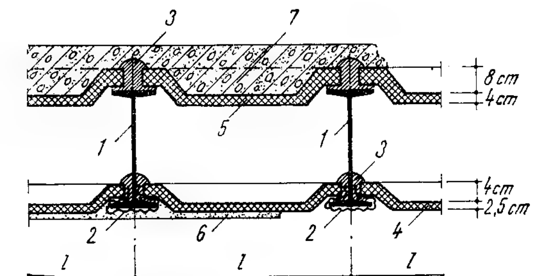
Utilizarea plăcilor prefabricate din beton armat (fig. 12. 8) prezintă eficienţă economică, în schimb rigiditatea planşeului scade. Distanţa între grinzile metalice este condiţionată de deschiderile economice ale plăcilor prefabricate. În general, centurile din beton armat monolit îmbunătăţesc rigiditatea planşeului, asigură condiţii mai bune pentru descărcarea grinzilor pe elementele verticale şi conlucrarea planşeului cu structura de rezistenţă a clădirii.

12.4.3. PLANŞEE DIN PROFILURI DE TABLĂ

Planşeele realizate din grinzi, fîşii sau profiluri din tablă de oţel de grosime 1...3 mm îndoită la rece, aşezate alăturat şi sudate prin puncte, permit o utilizare raţională a metalului (fig. 12.9).

Fig. 12.8. Secţiune transversală drintr-un planşeu din grinzi metalice şi plăci prefabricate din beton armat:

1 – grinzi metalice; *2* – plasă de rabiţ; *3* – mortar de poză şi monolitizare; *4* – element prefabricat autoportant, de tavan; *5* – element prefabricat portant realizat cu placă, nervuri longitudinale marginale şi nervuri transversale cu umăr pentru rezemare; *6* – tencuială; *7* – umplutură termoizolatoare, uşoară.



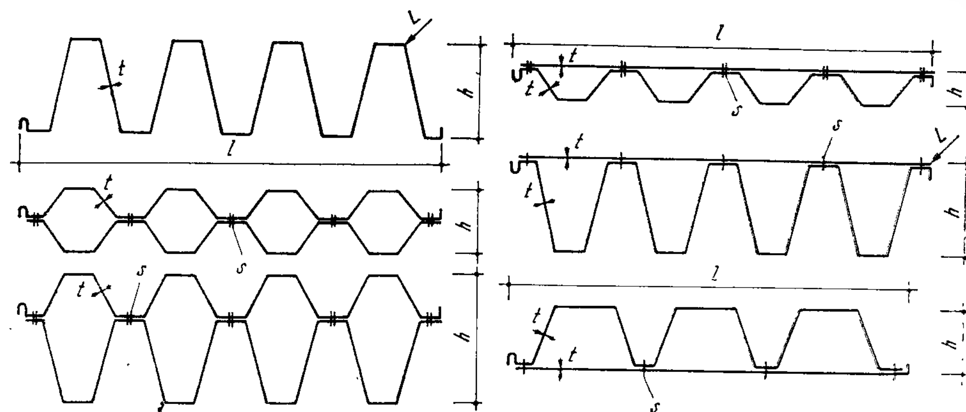


Fig. 12.9. Secțiuni transversale prin elemente de planșeu din tablă de oțel: t – grosimea de 1...3 mm; h – înălțimea de 4...20 cm; l – lățimea de 30... 60 cm; L – lungimea de 300...1200 cm; s – sudură prin puncte.

O utilizare eficientă a profilurilor din tablă de oțel se obține și în cazul planșeelor mixte, compuse, în care secțiunea profilurilor din tablă lucrează și ca armătură în betonul armat (fig. 12.10).

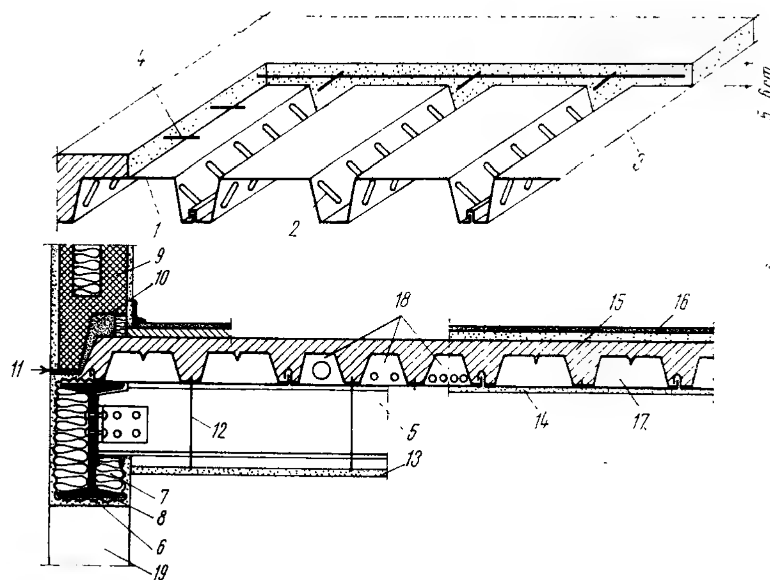


Fig. 12.10. Vedere și secțiune transversală printr-un planșeu mixt:

1 – profil din tablă subțire ambutisată; *2* – ambutisări pentru sporirea rigidității profilului și aderenței cu betonul; *3* – beton armat monolit; *4* – armătură suplimentară; *5* – grinda secundară a planșeului, pe care sprijină profilurile fixate prin sudură; *6* – rigla I a cadrului metalic; *7* – termoizolație pentru evitarea punții termice; *8* – tencuială pe plasă rabiț pentru protecție la foc și pentru finisaj; *9* – panou pentru peretele exterior; *10* – monolitizare; *11* – mortar de etanșare; *12* – tiranți pentru suspendarea tavanului, ∅ 2...4 mm; *13* – tavan suspendat (rețea ∅ 6 mm la 25 cm, plasă de rabiț și tencuială sau plăci prefabricate); *14* – finisaj între grinzile secundare cînd nu se realizează tavan suspendat; *15* – planșeu brut; *16* – pardoseală; *17* – gol de aer; *18* – profiluri speciale pentru instalații; *19* – gol de fereastră.

Aceste planșee se utilizează la construcții civile (administrative, locuințe, birouri) cu peste 15...20 niveluri, cu structură în cadre și cu deschideri de 3...12 m. Au o serie de avantaje: greutatea este redusă, mai ales cînd se folosește betonul ușor; rigiditatea laterală este bună; se elimină cofrajele; montarea instalațiilor este mai ușoară; eficiența tehnico-economică este sporită etc. Consumul mare de oțel pentru deschideri peste 4 m și încărcări utile peste 200 daN/m^2, măsurile suplimentare care se iau pentru asigurarea durabilității, confortului și întreținerii sînt dezavantaje ale căror efecte trebuie analizate cu atenție.

12.5. PLANȘEE DIN BETON ARMAT MONOLIT

Aceste planșee se realizează integral pe șantier prin turnarea lor în poziția definitivă de exploatare.

Domeniul de utilizare al planșeelor din beton armat monolit este:

— la clădirile unicat precum și la clădiri cu forme în plan neregulate și deschideri variate, la care nu se pretează utilizarea prefabricatelor;

— la planșee cu deschideri și încărcări mari;

— la planșee cu încărcări concentrate și acțiune dinamică a încărcărilor (vibrații, trepidații, șocuri);

— la planșee cu goluri multe și mari;

— la clădiri amplasate în zone seismice.

Avantajele planșeelor din beton armat monolit sînt:

— au capacitate de a prelua încărcări mari, statice și dinamice;

— datorită monolitismului se asigură o conlucrare foarte bună între planșee și elementele verticale de rezistență ale clădirii;

— planșeele comportîndu-se ca diafragme orizontale rigide, asigură o mare rigiditate de ansamblu a structurii clădirii și comportare foarte bună la preluarea și repartizarea încărcărilor orizontale (vînt, seism);

— au durabilitate mare și, în general, nu necesită costuri de întreținere;

— se pot realiza pentru orice forme în plan și dispunere oarecare a elementelor verticale portante (pereți, stîlpi);

— au posibilități largi de alcătuire constructivă și rezolvări de ordin arhitectural prin variate sisteme de dispunere a grinzilor de forme și dimensiuni diverse.

Dezavantajele planșeelor din beton armat monolit sînt:

— au durata de execuție și consumul de manoperă pe șantier mai mari, comparativ cu structurile prefabricate;

— necesită consum ridicat de cofraje și susțineri.

Planșeele monolite din beton armat, în funcție de forma geometrică și schema statică se realizează în următoarele alcătuiri structurale (fig. 12.11):

— din elemente identice geometric: plăci plane care lucrează static după una sau două direcții și reazemă pe pereții portanți sau pe riglele cadrelor;

— din elemente diferite și anume: plăci și grinzi de susținere în cîmpul plăcii dispuse pe una sau două direcții;

— din elemente identice: plăci care lucrează static pe două direcții și sînt rezemate numai pe stîlpi.

Planșeele din plăci și planșeele din plăci și grinzi dispuse pe una sau două direcții se pot realiza atît la clădiri cu pereți portanți, cu rezemare pe pereți prin intermediul centurilor, cît și la clădiri în cadre, cu rezemare pe riglele cadrelor.

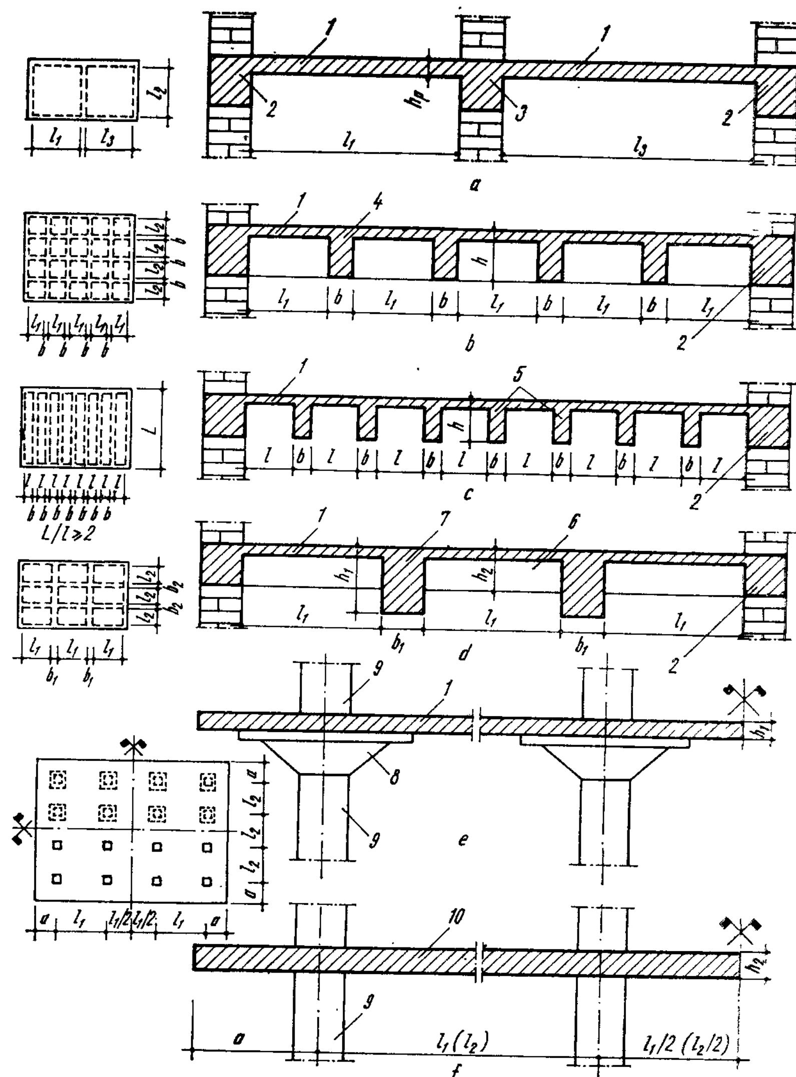


Fig. 12.11. Plan şi secţiuni pentru diverse tipuri de planşee din beton armat monolit :

a — plăci rezemate pe contur ; *b* — planşeu cu reţele de grinzi (casetat) ; *c* — planşeu cu nervuri dese ; *d* — planşeu cu grinzi principale şi secundare (nervuri) ; *e* — planşeu ciupercă ; *f* — planşeu dală groasă ; *1* — placă ; *2* — centură exterioară ; *3* — centură interioară (grindă, în cazul pereţilor interiori de 12,5 sau 10 cm) ; *4* — nervura planşeului casetat ; *5* — nervuri dese ; *6* — grindă secundară ; *7* — grindă principală ; *8* — capitel ; *9* — stîlp ; *10* — dală groasă.

12.5.1. PLANŞEE DIN PLĂCI DE BETON ARMAT MONOLIT

Se utilizează la clădirile cu încărcări mici şi medii pe planşee (de exemplu, la locuinţe) şi cu distanţe între pereţii de rezistenţă sau riglele cadrelor de maximum 5...6 m.

La clădirile cu pereţi portanţi din zidărie, plăcile reazemă pe pereţi prin intermediul centurilor, iar la structurile în cadre reazemă pe riglele cadrelor prin

asigurarea monolitismului placă-riglă. La structurile de clădiri din diafragme de beton armat, placa planşeului reazemă prin legături monolite pe diafragmele transversale şi longitudinale.

Planşeele din plăci dreptunghiulare rezemate pe contur (cazul curent) sînt avantajoase atunci cînd raportul laturilor nu depăşeşte 2, întrucît în acest caz rigidităţile la încovoiere a plăcii după cele două direcţii sînt de valori apropiate, deci placa preia încărcările planşeului prin solicitări după ambele direcţii, rezultînd o armare raţională.

Avantajele planşeelor din plăci de beton armat monolit sînt :
— asigură tavanul plan, deci finisajele sînt minime ;
— necesită cofraje şi susţineri simple ;
— traseele pentru instalaţii sînt simple ;
— au greutate proprie relativ redusă ;
— au o comportare mecanică bună în cazul cînd lucrează pe ambele direcţii.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee rezidă din faptul că :
— sînt limitate ca deschideri şi încărcări din considerente tehnico-economice prin comparare cu celelalte tipuri de planşee din beton armat monolit ;
— nu se recomandă în cazul planşeelor cu încărcări concentrate şi acţiune dinamică, precum şi in cazul cînd sînt necesare goluri mari în planşeu ;
— rigiditatea este relativ scăzută faţă de celelalte tipuri de planşee din beton armat monolit.

12.5.2. PLANŞEE DIN PLĂCI ŞI NERVURI DESE

Sînt alcătuite din plăci plane continue cu grosime constantă şi nervuri dese dispuse după o singură direcţie şi la distanţe egale între ele, de maximum 70 cm (v. fig. 12.11, *c*). Aceste planşee se pot realiza cu nervuri aparente sau cu nervuri mascate cu tavan fals.

Realizarea unui tavan plan, reducerea consumului de cofraj şi mărirea gradului de izolare sînt posibile prin alcătuirea planşeului cu corpuri de umplutură cu goluri, confecţionate din beton uşor, ceramică sau din alte materiale uşoare.

Domeniul de utilizare al planşeelor din plăci şi nervuri dese este :
— la planşeele cu încărcări uniform distribuite mari şi la deschideri de 6...8 m, care depăşesc utilizarea economică a planşeelor din plăci ;
— la clădiri cu cerinţe arhitecturale privind tavanul nervurat uniform.

Avantajele planşeelor cu nervuri dese sînt :
— aspectul arhitectural este deosebit ;
— permit utilizarea cofrajelor de inventar, metalice sau din mase plastice armate, care elimină finisajele la tavan ;
— preiau mai uşor încărcările din pereţii interiori autoportanţi, comparativ cu planşeele din plăci ;
— soluţia cu tavan fals permite montarea mascată a instalaţiilor, precum şi montarea unor straturi uşoare de materiale izolatoare.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sînt :
— nu se utilizează în cazul încărcărilor pe planşee cu acţiune dinamică (trepidaţii) ;

— pentru deschideri și încărcări utile mari pe planșeu, rezultă, în anumite cazuri, indicatori tehnico-economici (consum de beton și oțel) nefavorabili, comparativ cu structurile cu grinzi principale și secundare;

— în general, au greutate proprie mare;

— în cazul unor încărcări localizate mari este necesară asigurarea conlucrării mai multor nervuri alăturate prin dispunerea de nervuri transversale sau prin mărirea secțiunii plăcii de beton;

— descărcarea planșeului se concentrează pe elementele de reazem ale nervurilor (descărcări pe două laturi ale planșeului);

— rigiditatea orizontală este mai mare pe direcția nervurilor, motiv pentru care se recomandă dispunerea lor pe direcția transversală a clădirii.

12.5.3. PLANȘEE DIN PLĂCI ȘI REȚELE DE GRINZI, PLANȘEE CASETATE

Sînt alcătuite din placă plană continuă de aceeași grosime și o rețea de grinzi de aceeași secțiune, dispuse după două direcții, prin încrucișarea lor rezultînd o rețea de casete (v. fig. 12. 11, *b*).

Lumina casetelor l_1 și l_2 se recomandă a fi de 1,5...3,0 m din condiția dimensionării economice a structurii planșeului (rețea de grinzi, plăci). Din considerente estetice și arhitecturale, lumina casetelor se poate lua și mai mică decît 1,5 m, respectiv la limită 0,7 m.

Din punctul de vedere al comportării mecanice a rețelei de grinzi, se menționează:

— rețeaua cu grinzile paralele cu reazemele planșeului (fig. 12.12, *a*) lucrează după ambele direcții numai cînd raportul l_1/l_2 este mai mic de 1,5; la un raport mai mare de 1,5 rețeaua lucrează nefavorabil, întrucît grinzile mai scurte (dispuse după latura l_2) avînd rigidități mult mai mari la încovoiere, se comportă ca reazeme (rol de grinzi principale) pentru grinzile dispuse după latura l_1 (rol de grinzi secundare), deci se pierde practic efectul de conlucrare pe două direcții și structura devine neeconomică; în acest caz se recomandă dispunerea oblică a rețelei de grinzi (fig. 12.12, *b*);

— rezemarea planșeelor casetate pe pereții portanți se asigură prin centuri din beton armat care monolitizează capetele grinzilor și placa; în cazul rezemării pe stîlpi, planșeul casetat poate fi asimilat cu un planșeu tip dală prin realizarea plină a unui număr de casete în jurul stîlpilor (fig. 12.13).

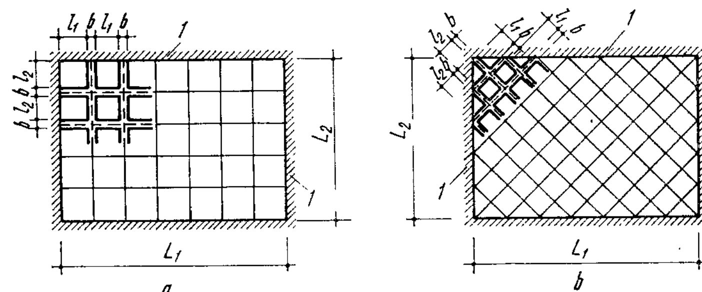


Fig. 12.12. Dispunerea rețelelor de grinzi la planșeele casetate: *a* – paralel cu laturile de rezemare; *b* – în diagonală; *1* – rezemare pe contur (pereți portanți, rigle de cadru etc.).

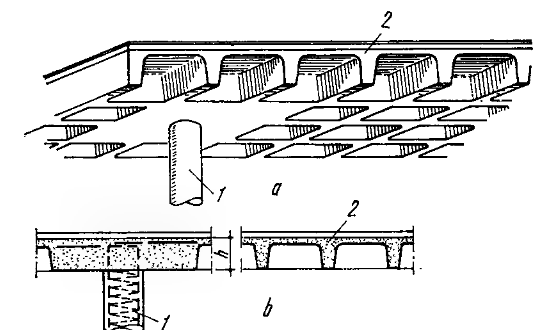


Fig. 12.13. Planșeu casetat rezemat pe stîlpi: *a* – vedere la partea inferioară; *b* – secțiune; *1* – stîlp; *2* – planșeu casetat.

Domeniul de utilizare a planșeelor casetate este:

— la clădiri cu cerințe privind arhitectura tavanului;

— la încăperi cu suprafețe și înălțimi mari, condiție care asigură realizarea efectului estetic;

— în general, la clădiri social-culturale, la clădiri comerciale, holuri mari etc.

Avantajele planșeelor casetate sînt:

— aspectul arhitectural este superior celorlalte tipuri de planșee;

— înălțimea de construcție este mai mică comparativ cu planșeele cu grinzi principale și secundare;

— poziția pereților despărțitori autoportanți și a încărcărilor concentrate este necondiționată;

— se comportă ca diafragme orizontale rigide pe ambele direcții;

— descărcarea este aproximativ uniformă pe elementele de susținere ale planșeului.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt:

— au consum ridicat de beton;

— greutatea proprie este mare;

— manopera este mai ridicată și execuția mai pretențioasă, atît la realizarea structurii, cît și la execuția finisajelor;

— consumul de cofraje este mare, dar se poate reduce mult prin utilizarea cofrajelor de inventar din casete de tablă sau din mase plastice armate, soluție care reduce simțitor și gradul de finisare al tavanului;

— în general, sînt mai costisitoare comparativ cu planșeele cu grinzi principale și secundare.

12.5.4. PLANȘEE DIN PLĂCI, GRINZI SECUNDARE ȘI GRINZI PRINCIPALE DE BETON ARMAT MONOLIT

Aceste planșee se compun din grinzi principale dispuse paralel cu latura scurtă a încăperii și grinzi secundare dispuse paralel cu cealaltă latură, formînd astfel o rețea ortogonală pe care reazemă placa (v. fig. 12.11, *d*).

În figura 12.14 se prezintă schematic dispunerea grinzilor și tipurile de planșee recomandate, în funcție de deschiderea mică a încăperii l_2.

Planșeele cu grinzi principale și secundare se comportă mecanic în modul următor:

— întrucît, de obicei, raportul l_1/l_2 este mai mare decît 2, placa lucrează pe o singură direcție ca element continuu, avînd ca reazeme grinzile secundare, pe care se descarcă integral;

— datorită faptului că grinzile principale au secțiuni și înălțimi mult mai mari, deci și rigiditatea la încovoiere mult mai mare față de grinzile secundare, pot fi considerate reazeme fixe pentru acestea; grinzile secundare preiau încărcările din placă și lucrează ca elemente continue rezemate pe grinzile principale; grinzile principale preiau sub formă de încărcări concentrate descărcarea grin-

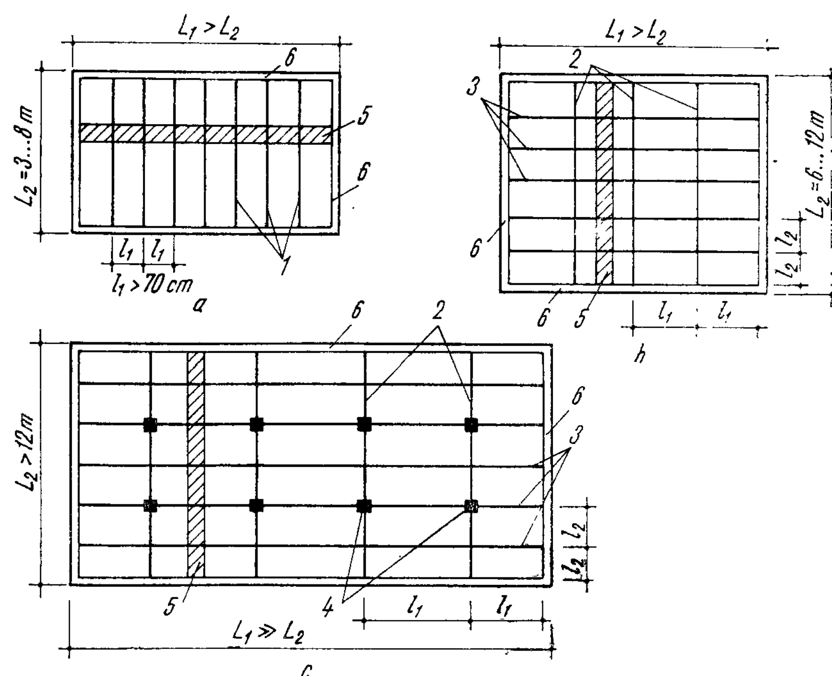


Fig. 12.14. Planșee din plăci și grinzi, schemă în plan :

a — cu grinzi dispuse după o direcție ; *b* — cu grinzi principale și secundare ; *c* — cu grinzi principale, grinzi secundare și stîlpi ca reazeme intermediare ; *1* — grinzi dispuse pe o singură direcție ; *2* — grinzi principale ; *3* — grinzi secundare ; *4* — stîlpi ; *5* — placă armată pe o direcție ($l_1/l_2 > 2$) ; *6* — reazeme pe conturul planșeului.

zilor secundare și o transmit elementelor verticale ale clădirii pe care reazemă ; în cazul planșeelor cu stîlpi interiori (fig. 12.14, *c*), grinzile principale lucrează ca rigle de cadru ;

— sporirea în cît mai mare proporție a rigidității la încovoiere a grinzilor secundare față de placă și cea a grinzilor principale față de grinzile secundare permite obținerea eficienței structurale maxime la aceste tipuri de planșee.

Planșeele cu plăci, grinzi principale și grinzi secundare se utilizează mai mult la clădiri industriale și mai rar la clădiri civile, numai în cazurile cînd încărcările și deschiderile mari impun acest tip de planșeu ca eficient economic.

Avantajele acestor tipuri de planșee sînt :

— au capacitate portantă foarte mare, suportînd încărcări și deschideri mari ;
— asigură posibilitatea alcătuirii în diverse dispuneri de grinzi ;
— sînt foarte rigide pe ambele direcții ;
— nu ridică probleme privind poziția pe planșeu a pereților despărțitori sau a golurilor în placă.

Dezavantajele planșeelor cu plăci, grinzi principale și grinzi secundare sînt :

— au greutate proprie mare ;
— descărcarea planșeului prin grinzile principale se face concentrat pe elementele verticale de rezistență ale clădirii ;
— gabaritul liber util al încăperilor sub planșeu este condiționat de înălțimea mare a grinzilor principale ;
— consumul de cofraje și susțineri este ridicat ;
— aspectul arhitectural al tavanului este mai puțin reușit ;
— suprafața de finisare a tavanului este mare.

Aceste planșee sînt alcătuite din plăci plane din beton armat rezemate direct pe stîlpi fără intermediul grinzilor. Evazarea stîlpilor la partea superioară sub formă de capiteluri cu aspectul unor ciuperci a condus la denumirea de ***planșee ciuperci*** (v. fig. 12.11, *e*).

Capitelurile se pot realiza în diverse forme constructive și au rolul de a mări suprafața de rezemare a plăcii pe stîlpi, ceea ce conduce la reducerea deschiderilor de calcul ale plăcii și la majorarea secțiunii de forfecare a plăcii la solicitarea de străpungere în zona de rezemare pe stîlpi, ansamblul structurii (placă și stîlp) rezultînd mai eficient economic comparativ cu structura placă și stîlpi fără capiteluri.

Planșeele ciuperci se utilizează mai mult la clădiri industriale cu încărcări utile pe planșee foarte mari (peste 500 daN/m²), iar la clădiri civile numai atunci cînd forma capitelurilor și rețeaua de stîlpi nu ridică probleme de ordin estetic și funcțional.

Prin renunțarea la capitelurile stîlpilor se reduce în mare măsură capacitatea de rezistență a plăcii, ceea ce conduce la necesitatea măririi grosimii ei. Aceste planșee realizate din placă groasă și stîlpi fără capiteluri, denumite ***planșee dală*** (v. fig. 12.11, *f*) au o largă utilizare la clădiri civile (social-culturale, comerciale, de locuit etc.).

Dimensiunile geometrice recomandate din condiții de rigiditate la planșeele dală sînt :

— grosimea minimă a dalei se ia $l_{max}/30$, dar cel puțin 13 cm (l_{max} este deschiderea de calcul a dalei pe direcția cu stîlpii dispuși la distanță mai mare) ;
— rețeaua de stîlpi se dispune la distanțe interax de 4...8 m, în funcție de cerințele de exploatare ale clădirii și pentru un raport interax pe cele două direcții de 1/1...1/2 ;
— secțiunea minimă a stîlpilor se ia de 25 ×25 cm ;
— betoanele utilizate sînt de mărci superioare, minim B 200.

Planșeele dală și ciuperci se comportă mecanic ca un sistem spațial alcătuit din dală (placă) și rețea de stîlpi. Calculul în stadiul elastic nu poate fi efectuat exact datorită dificultăților de scriere și rezolvare a relațiilor folosite în teoria elasticității, motiv pentru care s-a recurs la metode simplificate de calcul, prin descompunerea sistemului spațial în sisteme plane pe cele două direcții. Astfel, în metoda cadrelor înlocuitoare, planșeul se împarte în cadre dispuse după cele două direcții, pe fiecare direcție cadrul considerîndu-se alcătuit din stîlpi și placa aferentă (cu rol de grindă de cadru) de lățime egală cu suma semideschiderilor panourilor adiacente.

Încărcările permanente sînt, în general, uniform distribuite pe lungimea riglei cadrului, iar încărcările utile se iau pe deschiderile care produc solicitările maxime în rigle, respectiv în stîlpi.

Solicitările determinate pentru rigla cadrului nu se distribuie uniform pe lățimea ei, întrucît fîșiile de placă după axele rețelei de stîlpi, numite ***fîșii de reazem***, se comportă similar unei grinzi continue pe reazeme fixe (pe stîlpi), iar ***fîșiile de cîmp*** se comportă ca grinzi continue cu reazeme elastice (reazemele fiind fîșiile de reazem care au rigiditate mai mare la încovoiere, întrucît se deformează mai puțin.) Deci, fîșiile de reazem se vor încărca mai mult, fiind mai solicitate față de fîșiile de cîmp, motiv pentru care solicitările determinate în ipoteza cadrului înlocuitor se distribuie diferențiat pe deschiderile dalei : mai mult fîșiilor de reazem și mai puțin fîșiilor de cîmp (fig. 12.15).

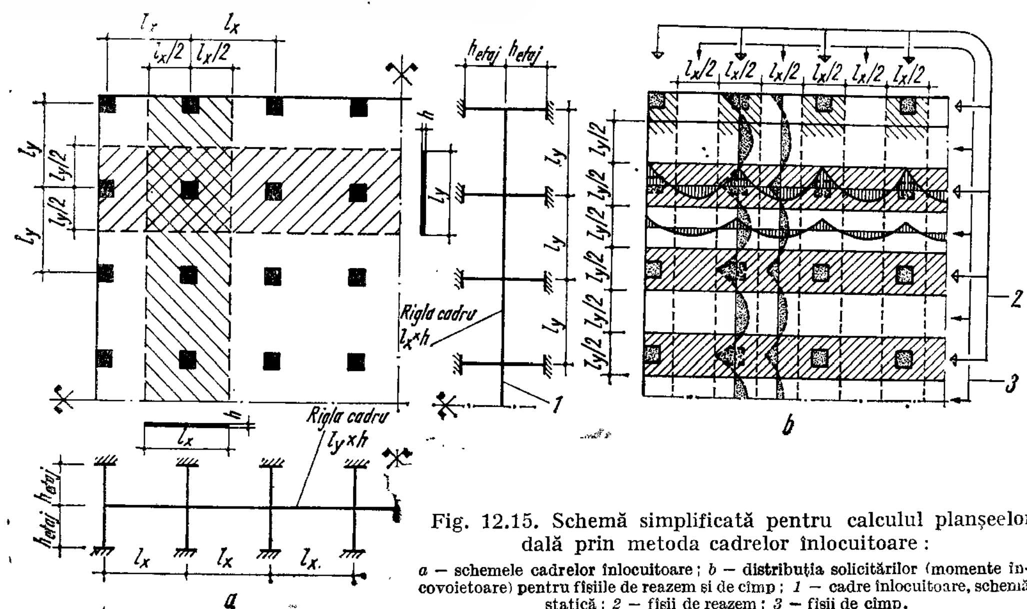


Fig. 12.15. Schemă simplificată pentru calculul planșeelor dală prin metoda cadrelor înlocuitoare:

a – schemele cadrelor înlocuitoare; *b* – distribuția solicitărilor (momente încovoietoare) pentru fîșiile de reazem și de cîmp; *1* – cadre înlocuitoare, schemă statică; *2* – fîșii de reazem; *3* – fîșii de cîmp.

Metoda cadrelor înlocuitoare este generală, putînd fi aplicată pentru deschideri egale și inegale, dar nu permite obținerea unor rezultate suficient de apropiate de cele experimentale, deoarece nu ține seama de comportarea spațială a structurii planșeului. Această deficiență se poate elimina în mare măsură prin calculul după metoda echilibrului limită (calculul în domeniul plastic), solicitările în dală determinîndu-se prin scrierea ecuațiilor de echilibru limită, în funcție de modurile de cedare a dalei.

La planșee dală intervin în principal două probleme importante;

— la descărcarea dalei pe stîlpi apar eforturi importante de forfecare și eforturi principale locale de întindere fiind necesară armarea suplimentară a dalei în această zonă, precum și adoptarea unei grosimi care să poată prelua solicitarea de forfecare a dalei. Evitarea măririi grosimii dalei numai din aceste condiții se poate obține prin dispunerea de plăci metalice de grosime mare, fixate rigid de capul stîlpilor sau prin juguri metalice din profiluri laminate, în zona de reazem a dalei pe stîlpi, îndeplinind rolul de capitel înglobat în dală (fig. 12.16);

— grosimea mare a dalei, care conduce la consum sporit de beton și greutate mare, este justificată pentru preluarea solicitărilor în fîșiile de reazem, în schimb pentru fîșiile de cîmp devine neeconomică. În figura 12.17 se prezintă cîteva

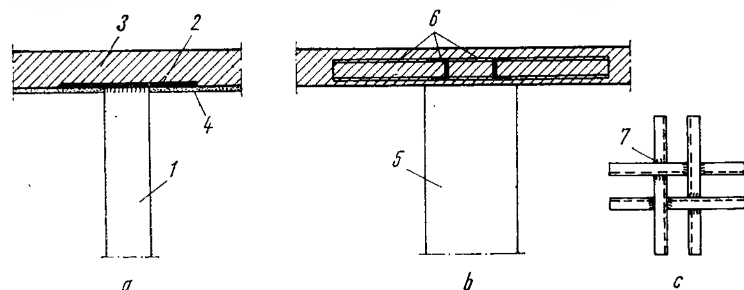


Fig. 12.16. Soluții constructive pentru capiteluri înglobate în dala groasă:

a – pentru stîlpi metalici; *b* – pentru stîlpi de beton armat; *c* – vederea jugului; *1* – stîlp metalic din țeavă; *2* – placă metalică sudată de stîlp; *3* – dală din beton armat; *4* – tencuială; *5* – stîlp din beton armat; *6* – jug metalic cu rol de capitel, înglobat în dala groasă; *7* – sudură pentru îmbinarea elementelor jugului.

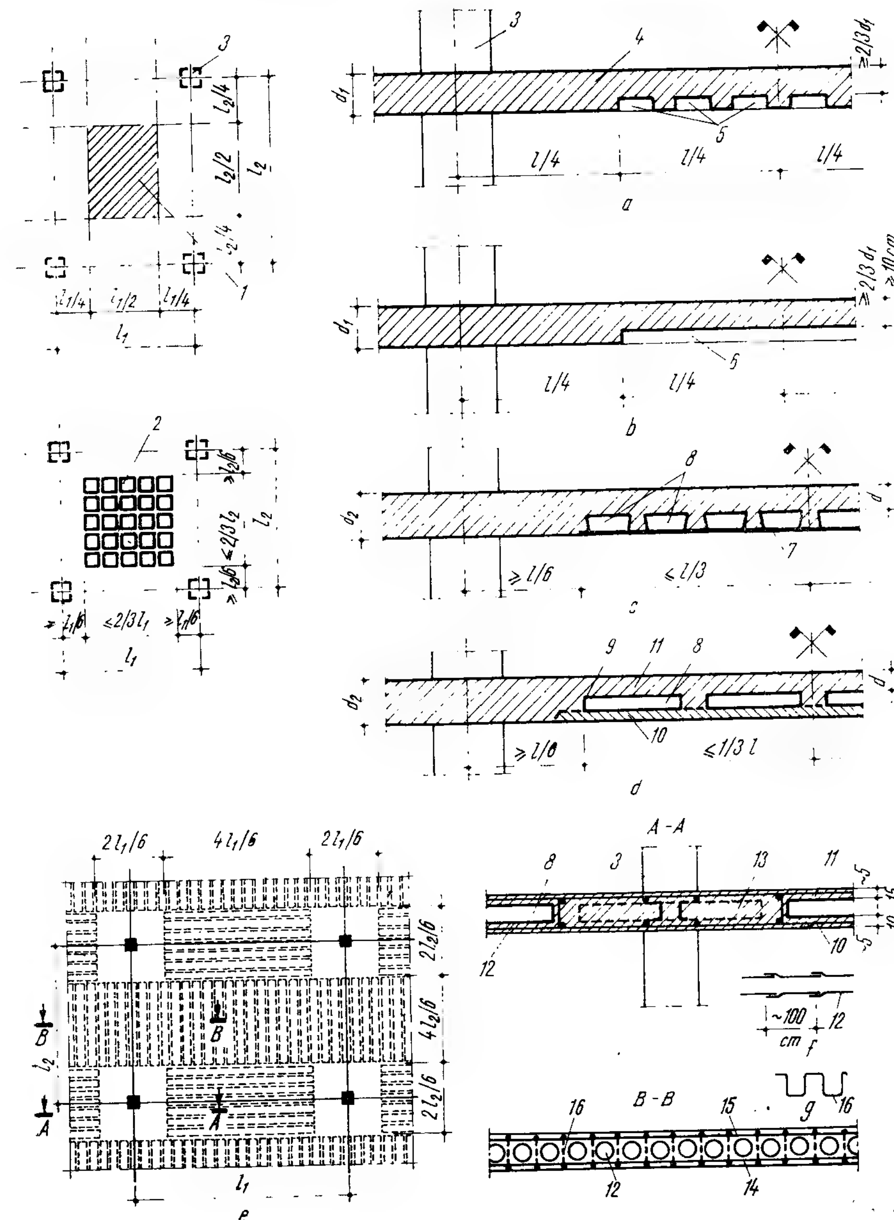


Fig. 12.17. Soluții constructive pentru reducerea consumului de beton în zona comună a fîșiilor de cîmp din dala groasă:

a – cu tavan casetat; *b* – cu tavan avînd casetă continuă; *c* – cu tavan plan realizat cu corpuri de umplutură înglobate în dală; *d* – cu tavan plan avînd casete înglobate în dală; *e* – cu tavan plan avînd tuburi înglobate în dală; *f* – detaliu de îmbinare a tuburilor înglobate; *g* – detaliul armăturii de conlucrare; *1* – zona comună a fîșiilor de cîmp pentru soluțiile *a* și *b*; *2* – zona comună a fîșiilor de cîmp pentru soluțiile *c* și *d*; *3* – stîlp; *4* – dala groasă; *5* – casete; *6* – casetă continuă; *7* – corpuri de umplutură cu pereți subțiri, confecționate din ceramică; *8* – goluri de aer; *9* – casete din carton impregnat, PAL, mase plastice etc., înglobate în dala groasă; *10* – zona din placă care se toarnă în etapa I; *11* – zona din placă care se toarnă în etapa a II-a; *12* – tub din carton impregnat sau din mase plastice înglobat în dală; *13* – dala plină cu capitel înglobat, realizat din profiluri metalice; *14* – armare inferioară; *15* – armare superioară; *16* – armătură de conlucrare.

soluții constructive pentru reducerea consumului de beton în zona comună a fișiilor de cîmp.

Planșeele dală se folosesc la clădiri social-administrative, comerciale și de locuit, precum și la alte categorii de clădiri cu structura verticală de rezistență realizată cu stîlpi.

Avantajele planșeelor dală comparativ cu planșeele cu grinzi, sînt următoarele :

— se realizează economii de cofraje și de manoperă la montarea armăturilor ;

— finisajele la tavan sînt mai reduse ;

— traseele pentru instalații sînt simple ;

— partiul este flexibil, existînd posibilitatea schimbării poziției pereților despărțitori, purtați, susținuți de dală ;

— se utilizează rațional volumul construit ;

— comportarea ca diafragmă orizontală rigidă este bună ;

— aspectul arhitectural este deosebit ;

— costurile sînt comparabile sau chiar mai mici în cazul încărcărilor pe planșeu peste 500 daN/m^2 ;

— comportarea acustică la zgomotul aerian este bună datorită masivității lor.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt :

— rețeaua de stîlpi, cînd sînt dispuși la distanțe reduse (3...6 m) limitează, într-o oarecare măsură, libertatea funcțională a partiului ;

— consumul de beton armat, deci greutatea proprie, este mare.

12.6. PLANȘEE DIN ELEMENTE PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee au în prezent cea mai largă utilizare, aproape la toate categoriile de clădiri, datorită avantajelor pe care le prezintă :

— au eficiența tehnico-economică pe care o aduce prefabricarea elementelor de planșeu în ceea ce privește calitatea, eliminarea cofrajelor, prefinisarea în fabrică etc. ;

— lucrările pe șantier sînt mult reduse ;

— darea în exploatare este mai rapidă ;

— în general, indicatorii tehnico-economici sînt mai buni comparativ cu planșeele din beton armat monolit.

Dezavantajele utilizării planșeelor prefabricate sînt :

— se pierde parțial avantajul monolitismului și al rigidității, comparativ cu planșeele din beton armat monolit ;

— au rigiditatea orizontală mai redusă ;

— necesită lucrări de volum mic pe șantier, dar mai pretențioase ca precizie și calitate privind pozarea, fixarea, monolitizarea etc. ;

— uneori ridică dificultăți la transport și montaj ;

— necesită spațiu de manipulare și depozitare pe șantier ;

— domeniul de utilizare este condiționat de producția prefabricatelor, deci planșeele prefabricate se pot utiliza numai la clădiri modulate ca deschideri ;

— necesită măsuri speciale de monolitizare a planșeelor prin suprabetonări, centuri etc., în cazul construcțiilor amplasate în zone seismice.

12.6.1. PLANȘEE DIN GRINZI ȘI CORPURI DE UMPLUTURĂ

Aceste planșee se realizează din grinzi prefabricate de beton armat rezemate pe pereți portanți sau pe riglele cadrelor.

Între grinzi și rezemînd pe acestea se dispun alăturat, corpurile de umplutură cu goluri care sînt prefabricate din beton greu sau ușor.

Există o mare diversitate de tipuri de grinzi și corpuri de umplutură, dar în general, alcătuirea lor este asemănătoare, motiv pentru care se prezintă în continuare numai tipul de planșeu realizat în țara noastră, notat cu inițialele *TCB*.

În figura 12.18 se prezintă alcătuirea planșeelor tip *TCB* pentru aceeași deschidere, deci utilizînd același tip de grindă, iar în funcție de încărcarea pe planșeu, rezultă tipurile de corpuri de umplutură utilizate și dispunerea lor.

Grinzile au aceeași secțiune transversală și se produc de lungimi nominale cuprinse între 2 și 4 m. Armarea grinzilor se face diferit, în funcție de lungimea lor.

Corpurile de umplutură sînt elemente simplu rezemate pe grinzi, iar grinzile se consideră simplu rezemate pe pereții portanți.

Planșeele tip *TCB* sînt dimensionate în ipoteza încărcărilor uniform distribuite pe planșeu, deci nu pot prelua încărcări verticale concentrate (popii șarpantei) sau liniare (pereți despărțitori). În aceste cazuri, preluarea încărcărilor se poate rezolva prin montarea alăturat a mai multor grinzi prefabricate

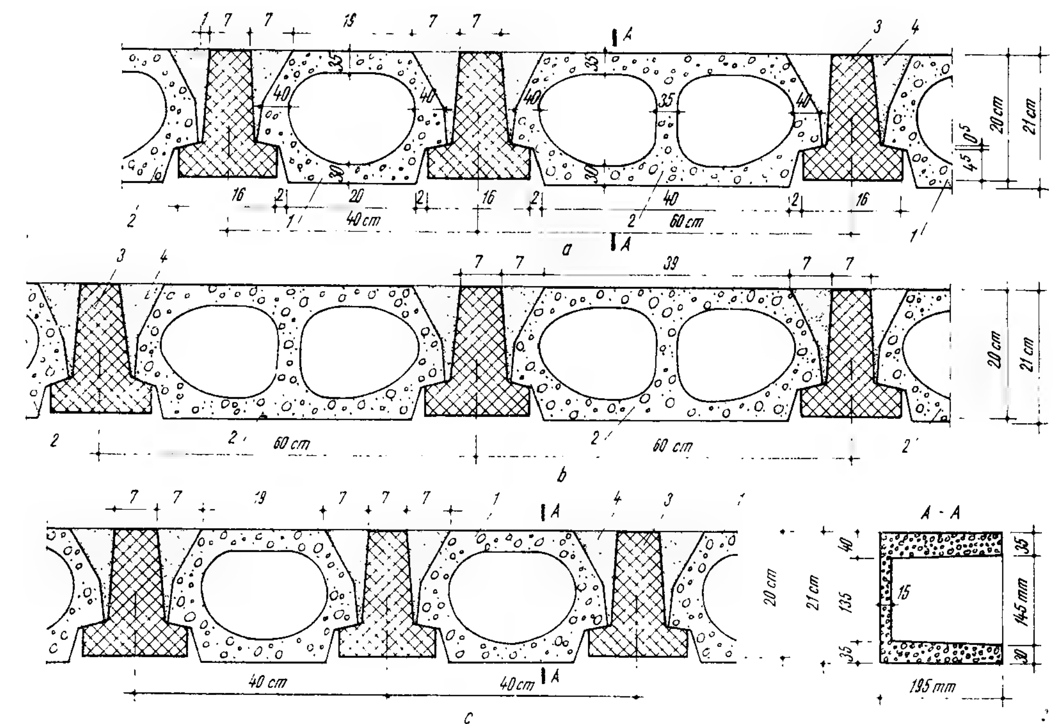


Fig. 12.18. Secțiuni prin planșee din grinzi prefabricate și corpuri de umplutură :
a — pentru planșee de pod cu încărcarea de 400 daN/m^2 ; *b* — pentru etaje curente cu încărcarea pe planșeu de 300 daN/m^2 ; *c* — pentru încărcări mărite, 550... 1 150 daN/m^2, în funcție de deschidere ; *1* — corp U_1 ; *2* — corp U_2 ; *3* — grindă ; *4* — monolitizare.

(fig. 12.19, *d*) sau prin realizarea unor grinzi din beton armat monolit (fig. 12.19, *e*).

Golurile necesare în planșee sînt limitate de poziția grinzilor și de dimensiunea corpurilor de umplutură, neadmițîndu-se spargeri în grinzi sau corpuri.

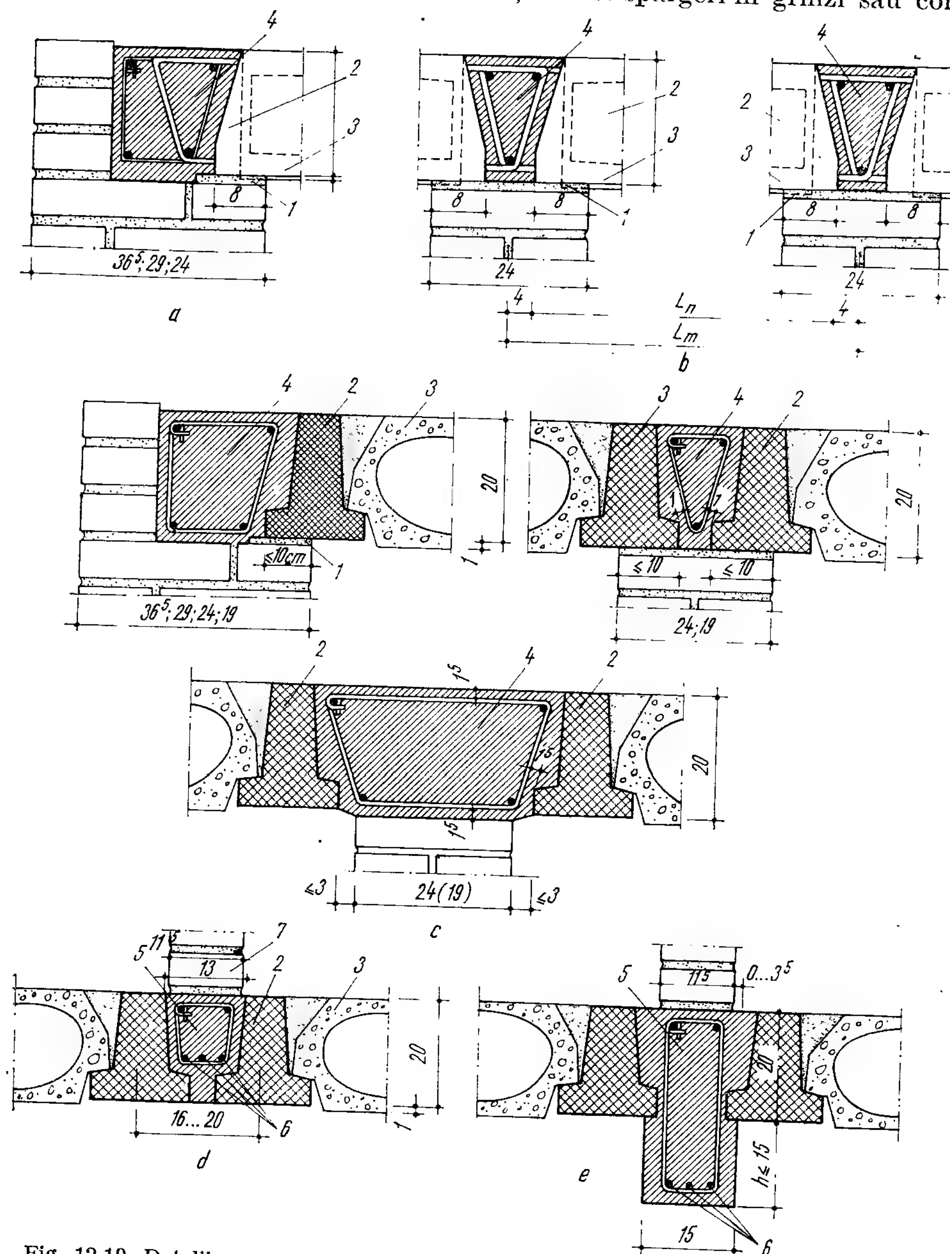


Fig. 12.19. Detalii constructive pentru planșee din grinzi și corpuri de umplutură:
a – rezemarea grinzilor pe ziduri exterioare; *b* – rezemarea grinzilor pe ziduri interioare; *c* – așezarea grinzilor paralel cu pereții exteriori și interiori; *d* – așezarea alăturată a grinzilor sub pereții despărțitori; *e* – preluarea încărcărilor din pereții despărțitori, cu grindă din beton armat monolit; *1* – mortar de poză M 100 de 1,5...2 cm grosime; *2* – grindă prefabricată; *3* – corp de umplutură; *4* – centură din beton armat; *5* – grindă din beton armat monolit; *6* – armătură rezultată din calcul; *7* – perete despărțitor; L_m – lungimea modulată a grinzii; L_n – lungimea nominală a grinzii.

Golurile mai mici decît gabaritul liber între tălpile grinzilor se realizează în completările de beton turnat între grinzi (în locul corpurilor care nu se montează), iar în cazul golurilor mai mari este necesară turnarea pe șantier a unor plăci din beton armat în care se prevăd golurile respective.

În figura 12.19 sînt prezentate detaliile caracteristice pentru planșeele tip *TCB*.

La proiectarea și realizarea planșeelor din grinzi și corpuri de umplutură se recomandă următoarele:
— rezemarea minimă a grinzilor pe pereți este de 8 cm;
— montarea grinzilor se face pe un strat de mortar de poză M 100 proaspăt întins;
— manipularea prefabricatelor se face numai în poziția lor de exploatare;
— centurile și monolitizările între prefabricate trebuie executate cu deosebită atenție.

Cînd este necesară mărirea gradului de monolitism, se recomandă suprabetonarea întregului planșeu cu o placă de beton armat de 3...4 cm grosime, avînd armătura bine ancorată în centurile planșeului.

Avantajele planșeelor din grinzi și corpuri de umplutură sînt următoarele:
— prefabricatele sînt simple și ușoare, deci se pot realiza și pe șantier;
— aceste planșee izolează bine termic și fonic;
— lucrările pe șantier sînt simple și necesită o dotare minimă datorită greutății reduse a prefabricatelor.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt următoarele:
— în general, sînt mai costisitoare față de alte tipuri de planșee prefabricate, de exemplu, față de fîșiile cu goluri;
— comportarea ca diafragme orizontale este slabă, motiv pentru care se limitează domeniul lor de utilizare la clădiri de locuit cu maximum două niveluri amplasate în zone neseismice;
— planșeul este sensibil, în sensul că pe parcursul exploatării fisurează în lungul grinzilor datorită săgeții din încovoiere a acestora și a nedeformabilității poziționale a corpurilor de umplutură;
— au grad scăzut de prefinisare a prefabricatelor;
— preluarea încărcărilor verticale concentrate pe planșeu și prevederea golurilor necesită lucrări suplimentare pe șantier;
— sînt limitate ca deschideri, din considerente tehnice (comportare mecanică) și economice (consumuri de manoperă, materiale și costuri).

12.6.2. PLANȘEE DIN FÎȘII PREFABRICATE CU GOLURI, REALIZATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee se realizează prin dispunerea alăturată a fîșiilor și rezemarea lor pe pereții portanți ai clădirii, pe grinzi sau pe riglele cadrelor.

Capetele fîșiilor sînt monolitizate pe reazeme cu centuri din beton armat, iar între fîșii, în lungul lor, rosturile se betonează cu beton simplu, de marcă minimă B 200 (fig. 12.20).

Fîșiile cu goluri sînt elemente cu secțiunea dreptunghiulară, cu ambele fețe plane și paralele între ele, cu goluri ovale sau circulare care au aceeași secțiune pe toată lungimea fîșiei. Se realizează din beton armat de mărci superioare, mai mari de B 200 și se recomandă armarea cu oțel PC, respectiv prin precompri-

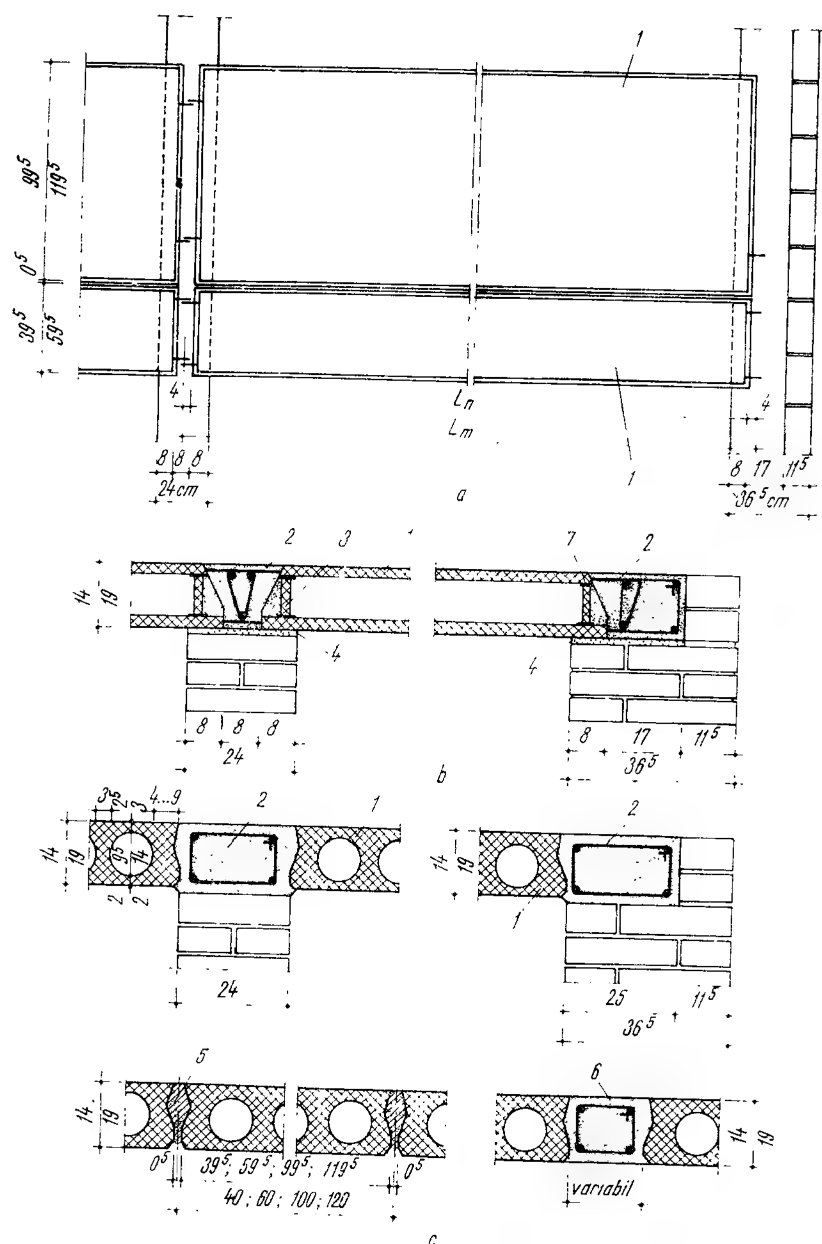


Fig. 12.20. Detalii constructive pentru planșee din fîșii cu goluri:

a — plan; *b* — secțiune longitudinală după monolitizare; *c* — secțiuni transversale caracteristice; *1* — fîșie F sau FU; *2* — centură din beton armat; *3* — capac de beton prefabricat; *4* — mortar de ciment, M 100 în grosime de 2 cm; *5* — beton de completare, B 200; *6* — grindă din beton armat monolit pentru preluarea unor încărcări mari ,prevederea unor goluri cu diametrul mai mare ca cel al golului fîșiei și pentru completări; *7* — mortar pentru fixarea capacului prefabricat; L_n — lungimea nominală a fîșiei; L_m — lungimea modulată a fîșiei.

mare, în cazul deschiderilor mai mari de 5...6 m și pentru încărcări pe planșeu mai mari de 300 daN/m².

Golurile longitudinale permit realizarea fîșiilor cu înălțimi de 14...22 cm și mai mari, în condițiile unui consum de beton similar plăcilor de 8...13 cm grosime, dar rezultă o armare mai rațională, se obține un spor de rigiditate la încovoiere și o mai bună capacitate de izolare termică și fonică.

În țara noastră, fîșiile cu goluri sînt tipizate, în funcție de încărcarea pe planșeu și de deschideri.

Pentru clădiri civile cu încărcări pe planșee pînă la 300 daN/m² se utilizează fîșii înguste și fîșii late. Fîșiile înguste au lățimea l = 40 sau 60 cm, lungimea L = 1,8...4,0 m și înălțimea h = 14 cm; respectiv L = 4,4 sau 5 m cu h = 19 cm. Fîșiile late au lățimea l = 100 sau 120 cm, lungimea L = 2...4 m și înălțimea h = 14 cm; respectiv L = 4,4 sau 5,0 m cu h = 19 cm.

Pentru planșee cu încărcări mai mari de 300 daN/m² și deschideri de 6...12 m se recomandă utilizarea fîșiilor late cu l = 100...150 cm și h = 22...40 cm, realizate din beton armat precomprimat, cu goluri rotunde, ovale sau dreptunghiulare. În țara noastră sînt tipizate fîșiile cu goluri din beton armat cu h = 22 cm, l = 100 cm și L = 6,00 m pentru încărcări pînă la 500 daN/m², respectiv din beton armat precomprimat cu h = 26 cm, l = 100 cm și L = 6,0 m pentru încărcări de 300...1500 daN/m².

În general, fîșiile se calculează și se dimensionează ca elemente simplu rezemate cu încărcări verticale uniform distribuite din greutatea proprie și din încărcările aferente de pe planșeu.

Pentru clădiri de locuit, din considerente economice, pentru aceleași dimensiuni geometrice fîșiile sînt tipizate în tipul *F* și *FU*.

Fîșiile ușoare *FU* se utilizează cînd pe planșeu nu intervin încărcări din pereți despărțitori purtați, iar cînd aceștia intervin și depășesc încărcarea de calcul a fîșiilor *F* se recurge la întăriri locale prin turnarea în interspațiile anume lăsate între fîșii a unor grinzi din beton armat.

Dacă planșeul este solicitat la forțe concentrate, este necesară verificarea ca momentul încovoietor efectiv să nu depășească pe cel de dimensionare a fîșiilor utilizate. În caz contrar, se poate suplimenta armătura în fîșii, efectuîndu-se și toate verificările necesare (capacitate portantă, rigiditate etc.).

Golurile mai mici decît diametrul golurilor din fîșii se realizează prin spargerea fîșiilor, dar numai în zona golurilor din fîșii; pentru golurile mai mari se dispun între fîșii zone din beton armat monolit în care se vor lăsa golurile necesare. Aceste fîșii din beton armat monolit se calculează și se armează fără a se ține seama de conlucrarea cu fîșiile prefabricate învecinate.

La proiectarea și executarea planșeelor din fîșii prefabricate de beton armat prevăzute cu goluri, se recomandă:

— depozitarea, transportul și manipularea fîșiilor se va face numai în poziția lor de exploatare, respectiv numai prin utilizarea urechilor de ridicare;

— se va executa obligatoriu patul de mortar la rezemare, care asigură montajul la cotă și uniformizează repartizarea presiunilor pe reazem;

— execuția betonului de completare între fîșii și a centurilor din beton armat trebuie să fie de calitate cît mai bună întrucît este factorul hotărîtor pentru asigurarea conlucrării fîșiilor la preluarea încărcărilor verticale și a eficacității comportării ca diafragmă orizontală a planșeului la încărcări orizontale (vînt, seism);

— se va urmări o dispunere cît mai rațională a fîșiilor și utilizarea unui număr minim de tipuri de fîșii.

Planşeele din fâşii prefabricate cu goluri se utilizează; la clădiri de locuit, clădiri social-administrative şi la anumite clădiri industriale, în general, la construcţii cu structură verticală din pereţi portanţi de zidărie sau cadre din beton armat, pînă la P + 4E şi amplasate în zone cu gradul de seismicitate mai mic de 8.

Avantajele planşeelor din fîşii cu goluri sînt următoarele :

— fîşiile cu goluri sînt prefabricate eficiente economic şi se comportă bine la manipulare şi montaj ;

— asigură tavan plan şi posibilităţi uşoare de montare a traseelor de instalaţii în golurile fîşiilor ;

— capacitatea de izolare termică şi fonică este bună ;

— execuţia este rapidă ;

— la greutate proprie relativ redusă a planşeului se asigură o bună capacitate portantă.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sînt :

— rigiditatea orizontală este redusă, motiv pentru care sînt limitate ca domenii de utilizare ;

— necesită măsuri speciale de monolitizare prin centuri puternice şi suprabetonarea planşeului, în cazul clădirilor amplasate în zone seismice ;

— prevederea golurilor mari în planşeu şi a preluării încărcărilor concentrate este mai dificilă ;

— nu pot prelua încărcări cu acţiune dinamică, datorită slabei conlucrări între fîşii.

12.6.3. PLANŞEE DIN PANOURI MARI PREFABRICATE

Un înalt grad de prefabricare a clădirilor se obţine prin sistemul constructiv din panouri mari cînd clădirea se realizează prin asamblarea spaţială a elementelor plane de pereţi şi planşee, de dimensiunea unei încăperi.

Îmbinările care se realizează pe şantier între panourile de pereţi şi planşee asigură realizarea continuităţii aproape de monolit a întregii structuri, în cadrul cărora planşeele se comportă ca diafragme orizontale rigide.

Panourile mari care alcătuiesc planşeele clădirilor de locuit se realizează, de obicei, din plăci pline de 10...14 cm grosime, din beton armat de marcă minim B 200 (fig. 12.21) şi mai rar sub formă de plăci chesonate, casetate sau cu goluri care ridică o serie de probleme la prefabricare, la realizarea îmbinărilor pe şantier şi la finisarea tavanelor.

Eficienţa tehnico-economică a panourilor mari de planşeu se obţine numai pentru un raport între laturi mai mic ca 2, panoul în acest caz lucrează şi se armează pe ambele direcţii, condiţie care se are în vedere la proiectarea particulului clădirii, respectiv la dispunerea diafragmelor verticale longitudinale şi transversale, care constituie reazemele panourilor de planşeu.

Planşeele din panouri mari se pot utiliza şi la clădiri cu structura de rezistenţă din pereţi de zidărie sau cadre din beton armat, cu condiţia adaptării formei geometrice de contur a panourilor la condiţiile de rezemare şi montaj respective.

Tipurile de îmbinări şi condiţiile tehnice de execuţie pe şantier trebuie să asigure cît mai bine rezemarea, conlucrarea, continuitatea statică şi rigiditatea planşeelor.

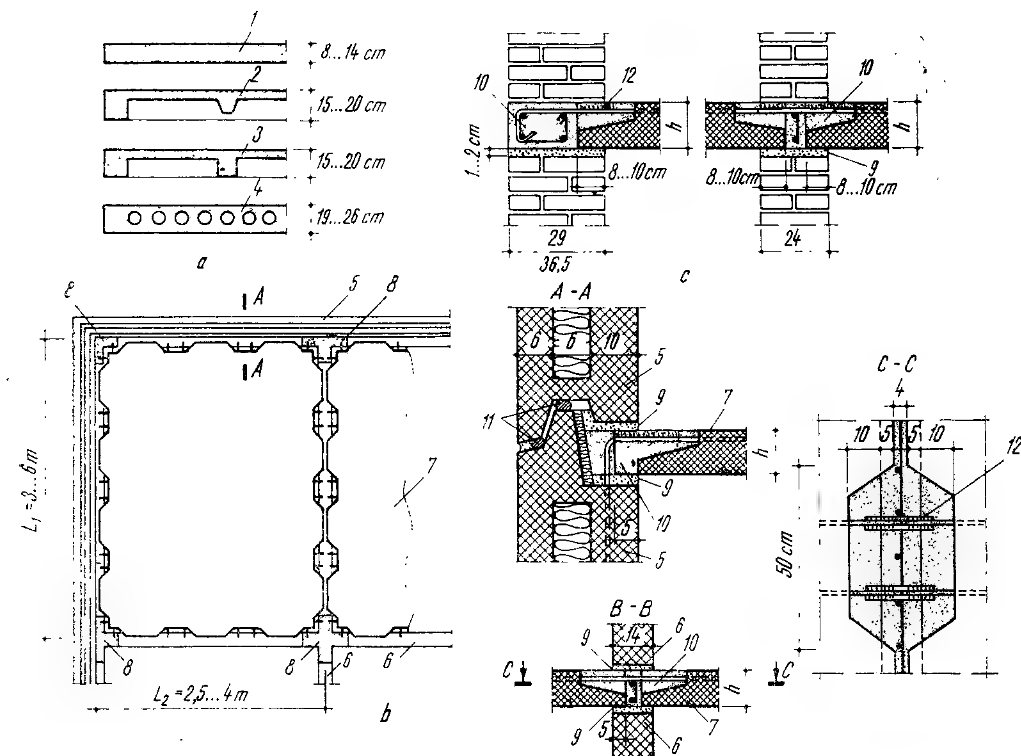


Fig. 12.21. Planşee din panouri mari :

a — tipuri de panouri mari ; *b* — plan şi detalii de rezemare a panourilor prefabricate de planşeu pe pereţi din panouri mari ; *c* — rezemarea panourilor prefabricate de planşeu pe pereţi din zidărie ; *1* ; *2* ; *3* ; *4* — panouri mari de planşeu din placă plină, din placă cu nervuri sistem cheson sau casetat, respectiv din dală groasă cu goluri rotunde sau ovale, realizate din beton armat sau beton precomprimat ; *5* — perete exterior din panouri mari ; *6* — perete portant interior din panou mare ; *7* — panou mare de planşeu ; *8* — îmbinare verticală de monolitizare a panourilor portante de pereţi ; *9* — mortar de poză, M 100 ; *10* — beton de monolitizare, B 300 ; *11* — etanşarea rostului orizontal ; *12* — sudură.

La execuţia planşeelor din panouri mari se vor avea în vedere, în principal, următoarele aspecte :

— depozitarea, manipularea, transportul şi montajul panourilor de planşeu necesită stricta respectare a condiţiilor tehnice precizate prin proiect. Aceste prefabricate prin comportarea lor ca placă cu suprafaţă mare sînt sensibile la aceste operaţii ;

— pozarea şi îmbinarea panourilor de planşeu cu elementele portante pe care reazemă, trebuie executate pe şantier în cele mai bune condiţii. De calitatea acestor lucrări depinde gradul de monolitism şi de rigiditate al planşeelor cît şi al structurii clădirii în ansamblul ei.

Comportarea mecanică a structurilor din panouri mari şi particularităţile de calcul şi alcătuiri constructive sînt prezentate în capitolele 15 şi 16.

Planşeele din panouri mari se utilizează la clădiri de locuit, la clădiri administrative (birouri) etc., în general, la clădiri civile cu structura integral realizată din panouri mari cu o dezvoltare pe înălţime de pînă la 8...10 niveluri.

La clădiri cu structura verticală combinată (beton armat monolit şi elemente prefabricate) sau în cazul structurilor verticale integral monolite (clădiri glisate din beton armat) planşeele din panouri mari se utilizează necondiţionat de numărul de niveluri.

Avantajele utilizării panourilor mari prefabricate de planșeu sînt următoarele :

— se elimină cofrajele și susținerile ;

— lucrările pe șantier sînt minime datorită gradului ridicat de prefinisare a tavanelor și prin montarea instalațiilor în panouri, la prefabricare ;

— productivitatea lucrărilor pe șantier este foarte bună și darea în exploatare a construcției se poate face rapid ;

— planșeele din panouri mari asigură o bună comportare la preluarea și transmiterea încărcărilor verticale de pe planșeu, fiind plăci armate pe două direcții și, în general, încastrate pe contur, respectiv elemente continue pe reazemele intermediare ;

— îmbinările de rezistență pe contur ale panourilor mari asigură comportarea planșeului ca diafragmă orizontală rigidă.

Dezavantajele acestor tipuri de planșee sînt următoarele :

— utilizarea panourilor mari de planșeu reclamă tipizarea partiurilor clădirilor, care este posibilă ușor la cele de locuit, dar mai dificilă la alte categorii de clădiri ;

— eficiența economică a planșeelor este condiționată de costul panourilor loco-fabrică, precum și de distanțele pînă la șantier ;

— necesită utilaje și dispozitive mai pretențioase pentru transport și montaj ;

— comportarea mecanică a planșeelor ca diafragme orizontale rigide este condiționată de calitatea și precizia execuției lucrărilor de pozare și a îmbinărilor pe contur a panourilor de planșeu, respectiv de gradul de monolitism, rezistență și rigiditate a conlucrării cu panourile verticale de rezistență ale clădirii.

Dezavantajele enumerate reprezintă, în general, o pondere mică comparativ cu avantajele, motiv pentru care planșeele din panouri mari constituie o soluție eficientă tehnico-economic cu perspective largi de extindere în continuare a utilizării lor.

12.6.4. PLANȘEE CU GRINZI PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee sînt utilizate la clădiri administrative, social-culturale, comerciale și la clădiri industriale, în general, la clădiri cu încărcări și deschideri mari, avînd structura din cadre, pereți portanți sau structură combinată.

Alcătuirea constructivă a planșeelor poate fi realizată în următoarele variante :

— cu plăci, grinzi secundare și grinzi principale ;
— cu plăci și rețea de grinzi-planșee casetate ;
— cu plăci și grinzi dispuse după o direcție ;
— cu grinzi dispuse alăturat.

Grinzile planșeelor se realizează din beton armat la deschideri și încărcări mici și medii, iar la deschideri și încărcări mari se impune ca avantajos tehnico-economic betonul precomprimat. În prezent, majoritatea soluțiilor constructive de planșee cu grinzii prefabricate, cu deschideri mai mari de 6 m și încărcări pe planșee peste 500 daN/m², se recomandă a fi realizate cu grinzi din beton armat precomprimat, întrucît asigură avantajele unei capacități portante ridicate la un consum de beton și oțel redus, micșorindu-se astfel mult greutatea proprie a planșeului, deci cu efect favorabil asupra structurii verticale de rezistență și a fundațiilor clădirii.

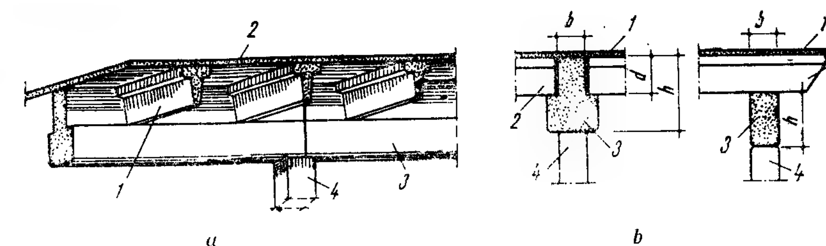


Fig. 12.22. Planșeu din plăci și grinzi prefabricate din beton :
a — vedere ; *b* — secțiuni ; *1* — placă prefabricată *2* — grindă prefabricată ; *3* — grinda cadrului ; *4* — stilp.

Întrucît planșeele cu rețele de grinzi au un domeniu de utilizare mai restrîns în cadrul construcțiilor civile, se prezintă în continuare structurile cu grinzi dispuse după o direcție (fig. 12.22).

Aceste planșee sînt avantajoase pentru încărcări uniform distribuite pe planșee pînă la 500 daN/m² și deschideri de maximum 8...12 m, respectiv la clădiri cu cerințe limitate privind forma geometrică a tavanului planșeului brut.

Planșeele cu deschideri și încărcări mai mari se realizează prin dispunerea alăturată a unor elemente tipizate de planșeu, sub formă de grinzi de diferite secțiuni transversale, realizate din beton armat precomprimat (fig. 12.23).

Avantajele planșeelor din grinzi precomprimate sînt următoarele :

— se pot realiza cu deschideri mari și foarte mari ;
— capacitatea portantă este ridicată ;
— asigură tavan nervurat uniform ;
— sînt mai ușoare și mai eficiente economic față de planșeele din beton armat obișnuit ;
— comportarea ca diafragmă orizontală rigidă este bună ;
— prin executarea unui tavan fals se asigură spațiu tehnic pentru montarea mascată a tuturor categoriilor de instalații.

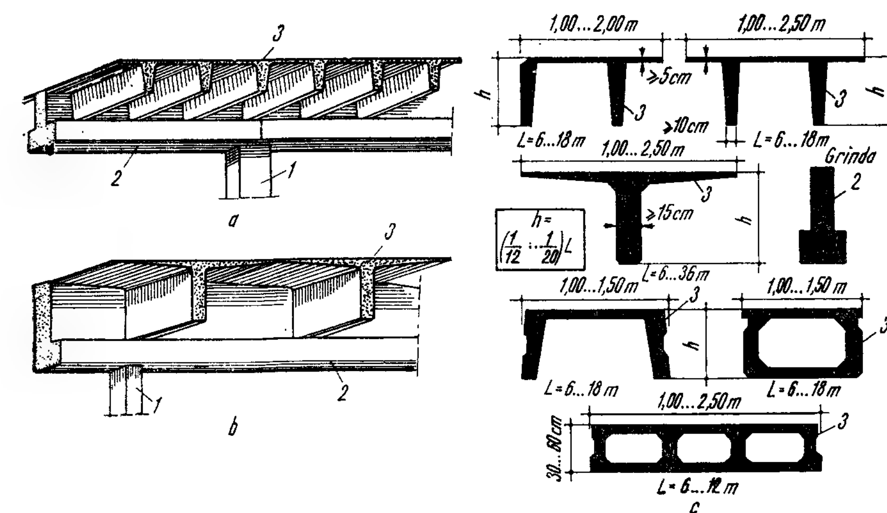


Fig. 12.23. Planșee din grinzi prefabricate din beton precomprimat, greu sau ușor :
a — din grinzi π ; *b* — din grinzi T ; *c* — secțiuni transversale pentru diferite tipuri de grinzi ; *1* — stilp ; *2* — grindă de susținere ; *3* — element prefabricat de planșeu.

Dezavantajele acestor tipuri de planşee sînt următoarele :

— prefabricarea grinzilor necesită lucrări de înaltă calificare şi condiţii de dotare speciale, atît în fabricile de prefabricate, cît şi pe şantier pentru montarea lor ;

— pozarea şi execuţia monolitizărilor pe reazeme a prefabricatelor necesită exactitate şi lucrări pe şantier de foarte bună calitate ;

— necesită finisaje de volum mare la tavane ;

— limitarea săgeţilor din condiţiile de exploatare a planşeelor, în cazul deschiderilor mari, necesită suplimentarea secţiunii de beton numai pentru mărirea rigidităţii la încovoiere a grinzilor ;

— grinzile se comportă mecanic ca elemente independente, deci prevederea golurilor în planşee şi preluarea încărcărilor concentrate sînt probleme mai dificile ;

— mărirea gradului de monolitism a planşeului pentru clădiri cu multe niveluri sau amplasate în zone seismice necesită suprabetonarea grinzilor cu o placă din beton armat monolit ;

— descărcarea grinzilor necesită centuri puternice pe pereţii portanţi, intărirea pereţilor cu sîmburi din beton armat sau adoptarea structurii din cadre de beton armat, deci datorită deschiderilor şi încărcărilor mari aceste planşee impun tipul de structură verticală a clădirii ;

— rezistenţa la foc este mai mică comparativ cu structurile din beton armat obişnuit.

12.7. PLANŞEE CERAMICE

Planşeele ceramice sînt alcătuite din nervuri de beton armat şi elemente de umplutură din corpuri ceramice cu goluri (fig. 12.24). Întrucît corpurile ceramice ocupă circa 70...90 % din volumul planşeului, se practică denumirea convenţională de planşee ceramice. Corpurile ceramice, în general, au rolul de izolare şi de transmitere a încărcărilor la nervurile din beton armat care au rolul principal de rezistenţă în structura planşeului.

Corpurile ceramice se fabrică în diverse tipuri de forme şi dimensiuni geometrice, în funcţie de alcătuirea constructivă şi de încărcarea pe planşeu, de cerinţele de izolare termică şi fonică şi în funcţie de gradul de rigiditate cerut planşeului.

Ceramica utilizată trebuie să fie de foarte bună calitate pentru a permite realizarea blocurilor cu pereţi subţiri, deci cu un volum cît mai mare de goluri.

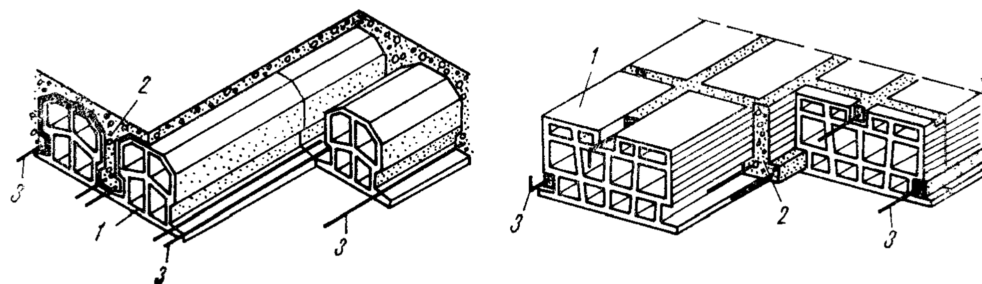


Fig. 12.24. Planşee din corpuri ceramice şi nervuri de beton armat :
1 — corp ceramic ; 2 — nervură ; 3 — armătură de rezistenţă în nervură.

Planşeele ceramice se realizează pe şantier în felul următor :

— cu elemente de inventar se execută o podină de susţinere pe care se pozează corpurile ceramice ;

— se armează centurile pe pereţi şi nervurile între şirurile de corpuri ceramice ;

— se saturează prin stropire cu apă corpurile ceramice, după care se betonează nervurile şi centurile planşeului.

Planşeele ceramice se utilizează mai mult la clădiri de locuit, cu pereţi portanţi din zidărie şi cu deschideri de planşee de maximum 5 m. Corpurile ceramice se dispun numai pînă la faţa pereţilor, iar centurile se execută cel puţin de înălţimea planşeului brut şi de minimum 20 cm lăţime. Nervurile din beton armat se dispun pe deschiderea mică a planşeului şi se ancorează bine în centuri.

Corpurile ceramice se verifică ca elemente simplu rezemate pe nervuri, iar nervurile se calculează ca elemente simplu rezemate pe pereţi. În cazul cînd planşeul se suprabetonează cu o placă continuă din beton armat, acesta se va calcula similar cu planşeele placă cu nervuri dese.

Scurtarea duratei de execuţie a planşeelor ceramice se obţine prin alcătuirea lor din fîşii prefabricate realizate prin alăturarea corpurilor ceramice, montarea armăturii şi betonarea locaşurilor pe feţele corpurilor şi a capetelor fîşiei (fig. 12.25, *a*).

Fîşiile se pot realiza de tip îngust cu lăţimea nominală de 20...40 cm şi de tip lat cu lăţimea de 40...80 cm, în funcţie de tipul de bloc ceramic utilizat. Înălţimea fîşiilor este de 15...20 cm pentru lungimi nominale pînă la 4 m şi de 20..25 cm pentru fîşii de 4...6 m lungime.

Fîşiile se calculează ca elemente simplu rezemate cu încărcare uniform distribuită din greutatea proprie a planşeului şi din încărcarea pe planşeu care revine unei fîşii.

Armătura se dimensionează să preia integral eforturile de întindere din încovoiere, iar eforturile de compresiune din încovoiere şi eforturile principale de întindere din forţe tăietoare se verifică luînd în considerare conlucrarea secţiunilor de beton şi ceramică ale fîşiei.

În general, calculul, dimensionarea şi verificarea fîşiilor se face la fel ca pentru elementele din beton armat prefabricat, atît la încărcările de exploatare cît şi la încărcările de montaj.

Fîşiile prefabricate din corpuri ceramice se pot tipiza astfel :

— *fîşie ceramică FC*, pentru planşee care suportă pereţi despărţitori de 7,5 cm grosime ;

— *fîşie ceramică uşoară FCU*, pentru planşee care nu suportă pereţi despărţitori ;

— *fîşie ceramică cu suprabetonare FCS sau FCUS*, pentru planşee realizate din fîşii peste care se execută o placă continuă de 4 cm grosime din beton armat monolit. Calculul fîşiilor cu suprabetonare se efectuează luînd în considerare şi placa de beton armat monolit.

În cazul încărcărilor concentrate pe planşee se pot recalcula fîşiile şi majora corespunzător secţiunea de armătură sau se vor dispune grinzi din beton armat monolit în spaţiile anume lăsate între fîşii.

Spargerea fîşiilor pentru crearea de goluri în planşeu este interzisă, deci în aceste cazuri se vor turna fîşii din beton armat monolit în care se prevăd golurile necesare.

Alcătuirea şi detaliile constructive caracteristice pentru planşeele realizate din fîşii prefabricate din corpuri ceramice sînt prezentate în figura 12.25.

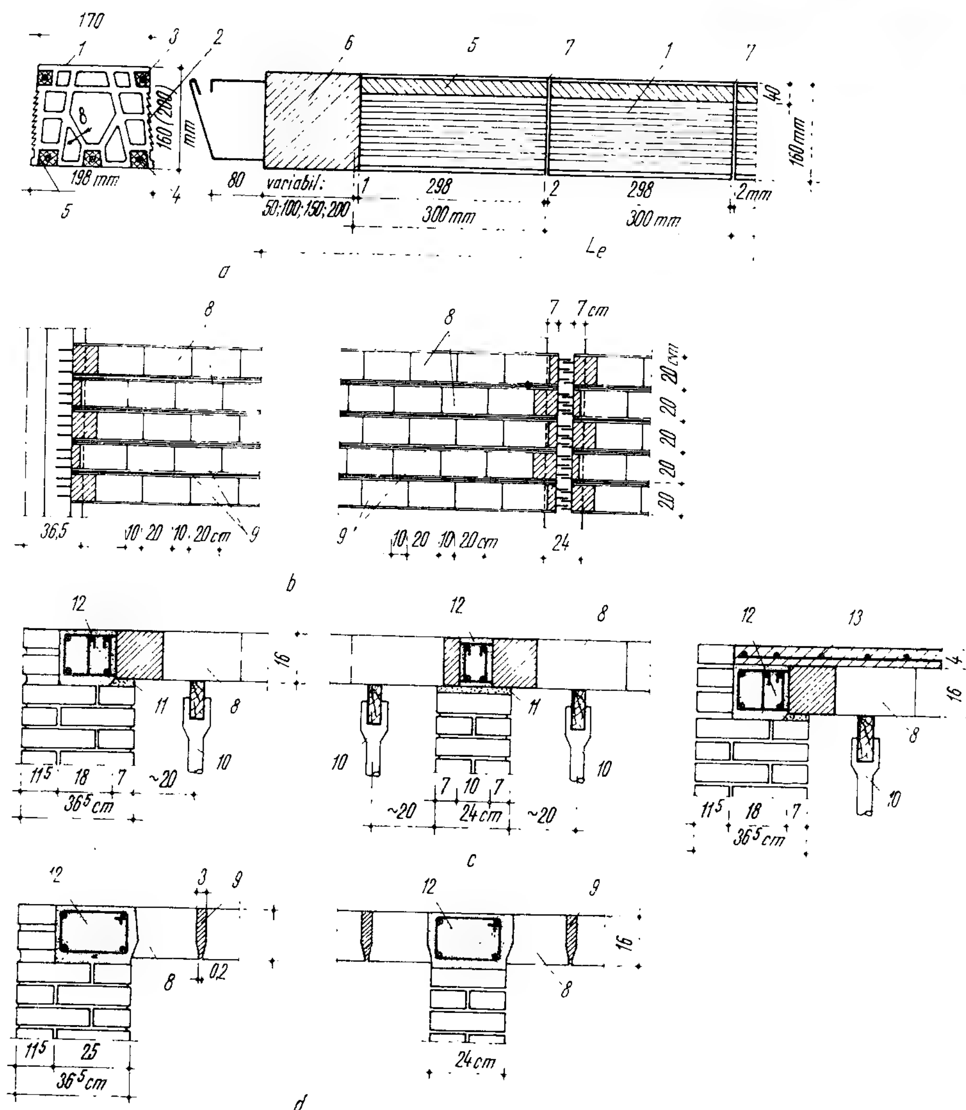


Fig. 12.25. Planșee din fîșii prefabricate din corpuri ceramice :
a – fișie prefabricată din corpuri ceramice, secțiune și elevație ; *b* – plan montaj fișii ; *c* – rezemarea fișiilor pe pereți exteriori și interiori ; *d* – dispunerea fișiilor paralele cu pereții portanți ; *1* – corp ceramic ; *2* – striuri pentru aderență cu mortarul de ciment ; *3* – oțel-beton Ø 4...6 mm ; *4* – oțel-beton Ø6...8 mm ; *5* – mortar de ciment de calitate superioară cu agregat 0...7 mm ; *6* – capul fișiei de beton preturnat, B 200 ; *7* – mortar fin de ciment ; *8* – fișii FC sau FCU ; *9* – rosturi umplute cu mortar de ciment ; *10* – sprijinire provizorie ; *11* – mortar, M 100 de 1,5 cm grosime ; *12* – centură de beton armat ; *13* – suprabetonare cu placă de 4 cm grosime, armată cu rețea Ø 6 mm ; L_e – lungimea de execuție a fișiei.

La execuția planșeelor din fîșii ceramice se vor avea în vedere următoarele aspecte :

— se recomandă prefabricarea fîșiilor pe șantier pentru eliminarea dificultăților de manipulare și transport, fîșiile fiind sensibile la aceste operații ;

— execuția pe șantier a fîșiilor trebuie astfel organizată ca să fie evitate la maximum manipulările și depozitările intermediare ;

— manipularea și montajul fîșiilor se va face numai în poziția de exploatare și prin utilizarea unui eșafodaj de susținere provizorie, în condițiile precizate în proiect ;

— se vor respecta condițiile de pozare și rezemare precizate în figura 12.25 ;

— betonarea rosturilor între fîșii trebuie executată cu multă grijă întrucît este factorul hotărîtor pentru buna conlucrare a fîșiilor la realizarea capacității portante și a rigidității planșeului ;

— se interzice cu desăvîrșire circulația și depozitarea materialelor pe planșeu în timpul prizei mortarului de completare din rosturile fîșiilor și a betonului în centuri. După atingerea a 75 % din mărcile prescrise se pot transporta materiale pe planșeu, dar numai pe podine din dulapi așezați transversal pe fîșii, fără a depăși 50 % din încărcarea pentru care a fost calculat planșeul.

Planșeele ceramice se utilizează la clădiri de locuit și sociale cu deschideri de maximum 6 m și încărcări pe planșeu uniform distribuite de maximum 300 daN/m². Nu se recomandă în cazul planșeelor cu încărcări concentrate mari și cu acțiune dinamică. Planșeele din fîșii ceramice prefabricate, datorită rigidității orizontale scăzute, nu se recomandă la clădiri cu peste 5 niveluri, iar în zone seismice este necesară suprabetonarea planșeului cu o placă continuă din beton armat monolit și întărirea centurilor.

Avantajele planșeelor ceramice sînt următoarele :
— au greutate proprie redusă și consum rațional de oțel ;
— asigură o bună izolare termică și fonică ;
— tavanul rezultînd plan, finisajele sînt simple ;
— execuția pe șantier este simplă și dotările sînt minime ;
— nu necesită cofraje, iar susținerile provizorii au grad ridicat de reutilizare ;
— permit prefabricarea ușoară în condiții de șantier ;
— nu impun condiții de tipizare a partiturilor clădirilor ;
— traseele de instalații sînt ușor de montat în golurile corpurilor ceramice ;
— în general, aceste planșee sînt eficiente economic.

Dezavantajele utilizării planșeelor ceramice rezidă din :
— domeniul de utilizare care este limitat la clădiri cu puține niveluri ;
— volum mai mare de lucrări pe șantier și durata de execuție mai lungă, comparativ cu planșeele prefabricate din beton armat ;
— rigiditate orizontală mai redusă, deci comportare mai slabă ca diafragmă orizontală în structura clădirii ;
— sensibilitatea acestor planșee la tasările inegale ale terenului de fundații ;
— necesitatea pe șantier a unei execuții precise și atente.

În alte țări planșeele ceramice au o largă utilizare, mai ales la clădirile de locuit cu puține niveluri, întrucît la această categorie de clădiri, eficiența tehnico-economică este mai evidentă.

12.8. ALTE TIPURI DE PLANȘEE

În practica construcțiilor de clădiri se utilizează, în afară de tipurile principale de planșee prezentate, încă o gamă largă de variante de alcătuiri constructive care s-au impus ca raționale și eficiente tehnico-economic numai pentru anumite categorii de clădiri civile, în funcție de structura verticală a clădirii, de tehnologia de execuție și de cerințele pretinse planșeelor.

Întrucît planșeele integral și parțial prefabricate reprezintă soluțiile moderne, eficiente și de perspectivă sînt prezentate pe scurt cîteva tipuri mai deosebite de planșee.

12.8.1. PLANȘEE DIN PLĂCI ȘI REȚELE DE GRINZI PREFABRICATE DE BETON ARMAT

Rețeaua de grinzi se poate realiza din elemente prefabricate care se armează și asamblează în rețea prin postcomprimare după cele două direcții de dispunere a lor (fig. 12.26, *a*). Se pot realiza, astfel, planșee casetate, integral prefabricate pentru deschideri și încărcări mari și cu un grad avansat de prefinisare.

12.8.2. PLANȘEE-DALĂ PREFABRICATE DIN BETON ARMAT

Aceste planșee se pot realiza din panouri mari prefabricate dispuse conform figurii 12.26, *b*. Stîlpul și panoul de tip 1 se pot realiza împreună. Panoul de tip 1 constituie reazeme pentru panourile de tip 2 dispuse după cele două axe ale stîlpilor planșeului. În final, se montează panourile din zona comună a fâșiilor de cîmp, care pot fi dală plină de aceeași grosime ca și celelalte panouri sau în soluție casetată. Rezemarea se asigură prin execuția panourilor cu praguri, iar îmbinarea între panouri se realizează prin sudarea armăturilor și betonarea rosturilor.

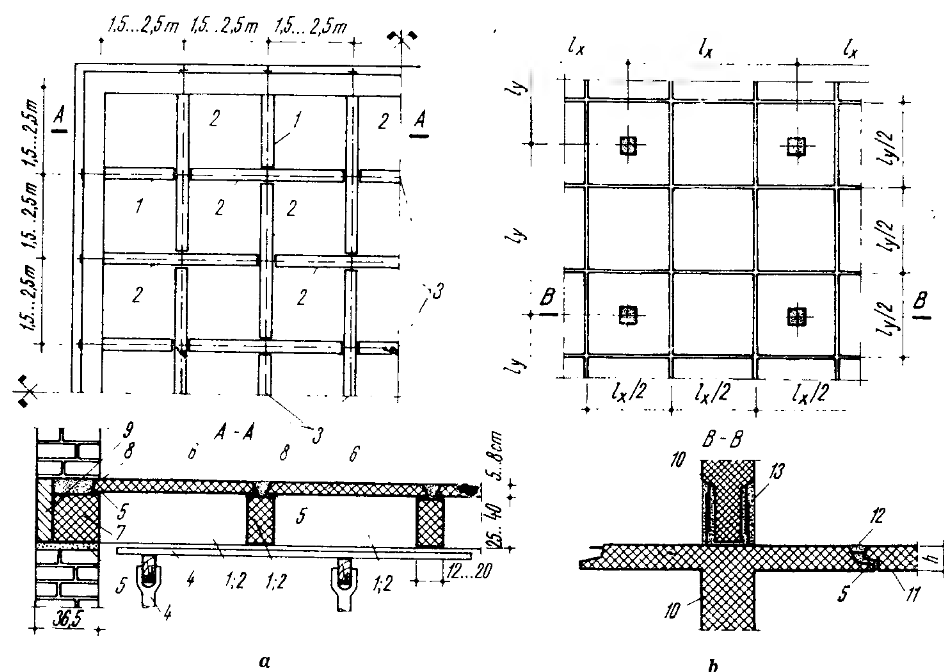


Fig. 12.26. Planșee din prefabricate de beton armat:

a — din plăci și grinzi de beton cu armătură postîntinsă; *b* — din dale; *1* — grindă prefabricată, tip 1; *2* — grindă prefabricată, tip 2; *3* — direcții de postîntindere; *4* — susținere provizorie cu elemente de inventar; *5* — mortar de poză, M 100; *6* — placă prefabricată; *7* — centură prefabricată; *8* — monolitizare executată în etapa I; *9* — monolitizare executată în etapa a II-a; *10* — stîlp și panou dală; *11* — panou de planșeu; *12* — solidarizarea panourilor de planșeu prin sudarea armăturilor și monolitizarea rosturilor; *13* — monolitizarea stîlpilor.

12.8.3. PLANȘEE PREFABRICATE DIN BETON ARMAT LA CLĂDIRI CU MULTE NIVELURI EXECUTATE CU TEHNOLOGII SPECIALE

La aceste clădiri, structura verticală de rezistență este realizată din rețea de stîlpi sau din rețea de stîlpi și nuclee (casa scării și lifturile) din beton armat.

Stîlpii se pot realiza prefabricați sau turnați monolit în cofraje glisante. Nucleele, de regulă, sînt turnate monolit în cofraje glisante. Planșeele, în general, sînt de tipul dală din beton armat.

Clădirea se realizează în felul următor:

— se execută structura verticală de rezistență pe o înălțime de 4 sau 5 niveluri, iar la sol (sau pe planșeul peste subsol) se execută planșeele dală în pachet de 4 sau 5 bucăți;

— cu ajutorul unor dispozitive mecanice montate pe capetele stîlpilor și ale nucleelor se liftează planșeele, cîte unul;

— după liftare la poziție, se fixează pe stîlpi și nuclee piesele metalice de rezemare ale planșeelor;

— se execută sudurile între piesele metalice înglobate în dală și piesele metalice de pe reazeme;

— se montează armăturile și se betonează rosturile între dală și stîlpi și între dală și nuclee;

— se continuă execuția structurii verticale, iar pe utimul planșeu dală montat se execută un nou pachet de planșee, care apoi se liftează, ș.a.m.d. pînă la terminarea clădirii (fig. 12.27).

Aceste clădiri se pot realiza prin execuția întregului pachet de planșee dală la sol și liftarea lui concomitent cu glisarea structurii verticale. În acest caz, toate planșeele se liftează și se pozează începînd de jos în sus cîte un planșeu la fiecare nivel al clădirii.

Clădirile înalte amplasate în zone cu circulație stradală intensă, dacă se cer a fi executate cu parterul cît mai liber, se pot realiza în felul următor:

— structura verticală de rezistență alcătuită din nuclee de beton armat se execută prin glisare pînă la cota finală a clădirii și se montează lifturile;

— se execută planșeul terasă de rezistență foarte mare și monolitizat rigid de nuclee;

— se execută planșeele dală la sol, în pachet;

— se ridică cîte un planșeu și se fixează de nuclee și de barele sau cablurile verticale de susținere ancorate în planșeul terasă;

— în final, toate planșeele vor fi suspendate pe contur și fixate rigid de nucleele verticale (fig. 12.28).

Sistemul constructiv se poate realiza și prin rezemarea planșeelor numai pe nucleele centrale. În acest caz, compor-

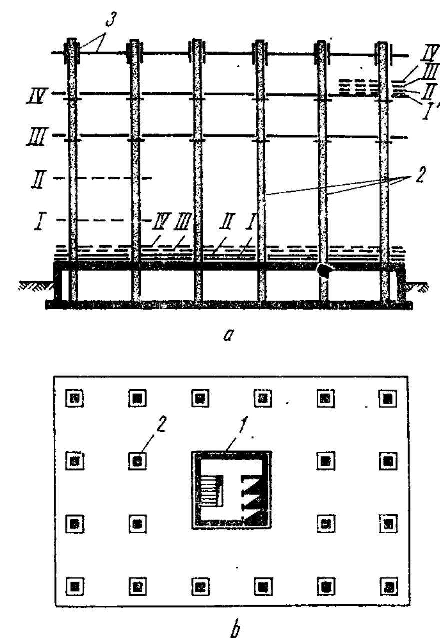


Fig. 12.27. Planșee liftate realizate din elemente prefabricate:

a — secțiune verticală; *b* — plan; 1 — nucleul central pentru casa scării și ascensoare; *2* — stîlpi glisați; *3* — cofraj glisant și platforma de lucru.

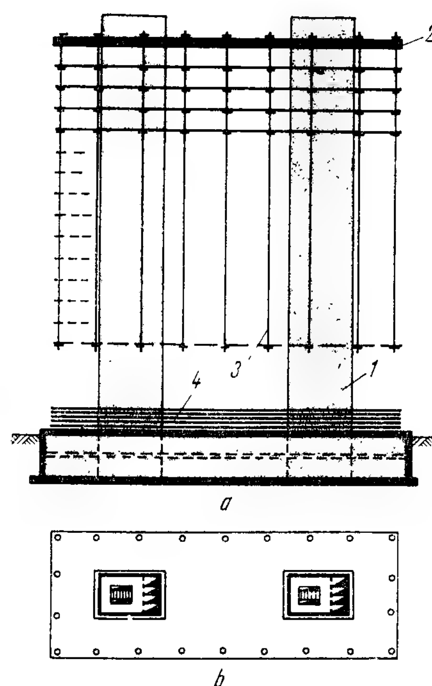


Fig. 12.28. Planșee suspendate la structuri cu nuclee interioare (turnuri, tuburi), glisate:
a — secțiune verticală; *b* — plan; *1* — turn glisat; *2* — planșeu terasă de rezistență înaltă și monolitizat foarte rigid cu turnurile glisate; *3* — sisteme de suspendare a planșeelor (bare-tiranți); *4* — planșee.

tarea pe contur a planșeului ca o consolă, impune adoptarea soluției constructive din plăci și grinzi din beton armat (eventual precomprimat) sau o structură spațială metalică.

Aceste structuri de clădiri și tehnologii de execuție permit prefabricarea integrală la sol a unui etaj, care se ridică și se fixează, la cotă, apoi se realizează la sol următorul etaj, după care se ridică și fixează sub cel anterior ș.a.m.d.

La proiectare și execuție, o atenție deosebită trebuie acordată dispozitivelor și soluțiilor de prindere pentru ridicare, precum și soluțiilor de rezemare și fixare la cotă (dispozitive, îmbinări, monolitizări). Verificarea planșeelor la străpungere în zonele de rezemare este obligatorie, fiind de obicei necesare piese metalice înglobate în dală pentru mărirea secțiunii de forfecare.

Calculul planșeelor se face și în ipoteza de montaj, întrucît schema statică este diferită față de cea din condițiile de exploatare a planșeului.

12.8.4. PLANȘEE LA CLĂDIRI DIN DIAFRAGME DE BETON ARMAT EXECUTATE PRIN GLISARE

La aceste clădiri, planșeele sînt de tip placă și se pot realiza monolit sau din elemente prefabricate care se montează după terminarea glisării diafragmelor verticale ale clădirii.

În ambele variante, plăcile de planșeu sînt monolitizate rigid cu structura de diafragme verticale, asigurîndu-se prin continuitatea plăcii pe reazeme, caracterul monolit al structurii clădirii (fig. 12.29).

12.8.5. PLANȘEE DALĂ PREFABRICATE PARȚIAL

Pentru eliminarea cofrajelor și pentru obținerea unui grad ridicat de monolitism al structurii, planșeele dală se pot realiza pe șantier în felul următor:

— la sol se execută armarea dalei și se betonează numai o grosime de 5...8 cm;

— după întărirea betonului turnat, această placă numită convențional *predală* se ridică și se susține provizoriu la poziția din proiect;

— se definitivează armarea dalei și se toarnă betonul pînă la grosimea proiectată;

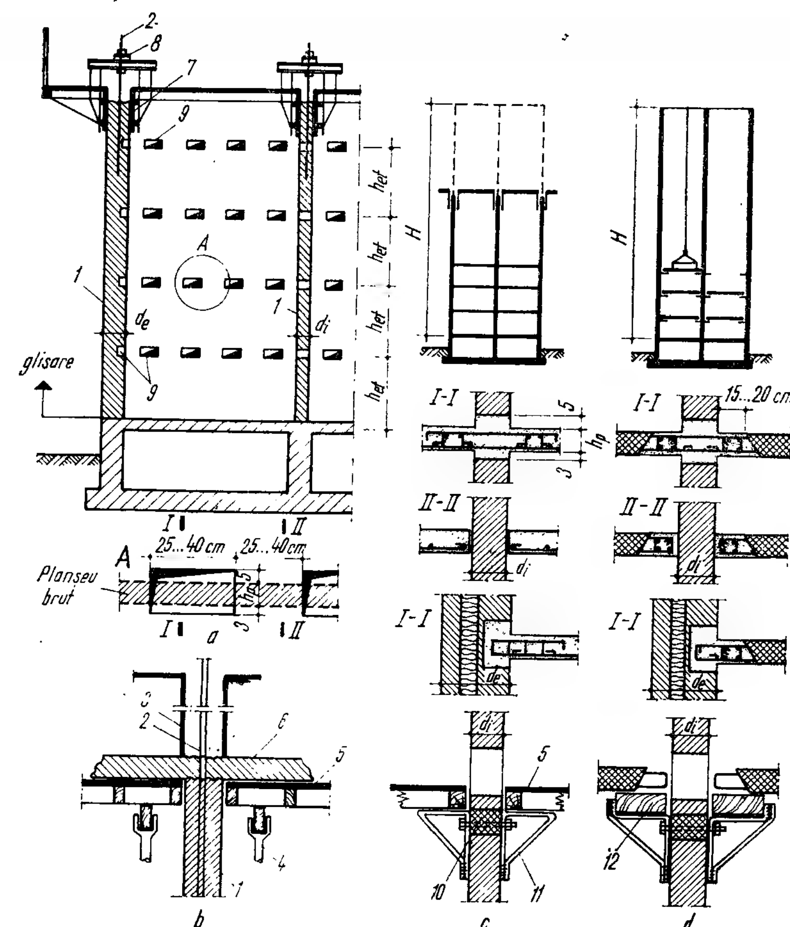


Fig. 12.29. Planșee pentru structuri cu diafragme turnate în cofraje glisante:
a — elevația structurii de rezistență în timpul glisării, cu dispunerea golurilor care se lasă pentru asigurarea continuității planșeelor cînd acestea se execută după glisarea întregii structuri de rezistență; *b* — detaliu de realizarea planșeului din beton armat monolit, continuu pe pereți; *c* — schemă, secțiuni și detaliu de execuție a planșeului din beton armat monolit, realizat după glisarea pereților; *d* — schemă, secțiuni și detaliu de planșeu prefabricat, montat după terminarea glisării pereților; *1* — pereți glisați; *2* — tije de susținere; *3* — cofraj glisant, ridicat pentru turnarea planșeului; *4* — eșafodaj de susținere; *5* — cofraj de inventar; *6* — planșeu monolit; *7* — cofraj glisant și platforme de lucru; *8* — instalație de glisare; *9* — goluri pentru rezemarea și monolitizarea planșeului; *10* — prizmă prefabricată din beton, cu goluri pentru buloane, înglobată în perete; *11* — consolă metalică de inventar; *12* — dulap din lemn.

— pe planșeul dală astfel realizat, după un anumit interval minim de timp pentru întărirea betonului, se realizează predala pentru planșeul următor ș.a.m.d.

În cazul planșeelor din plăci cu grosimea de 10...14 cm se poate aplica acest procedeu tehnologic prin realizarea plăcilor betonate pe o grosime de 4...5 cm, în fabrici de prefabricate sau pe o platformă la sol, după care se montează în clădire, se completează armarea și se termină betonarea plăcii (fig. 12.30).

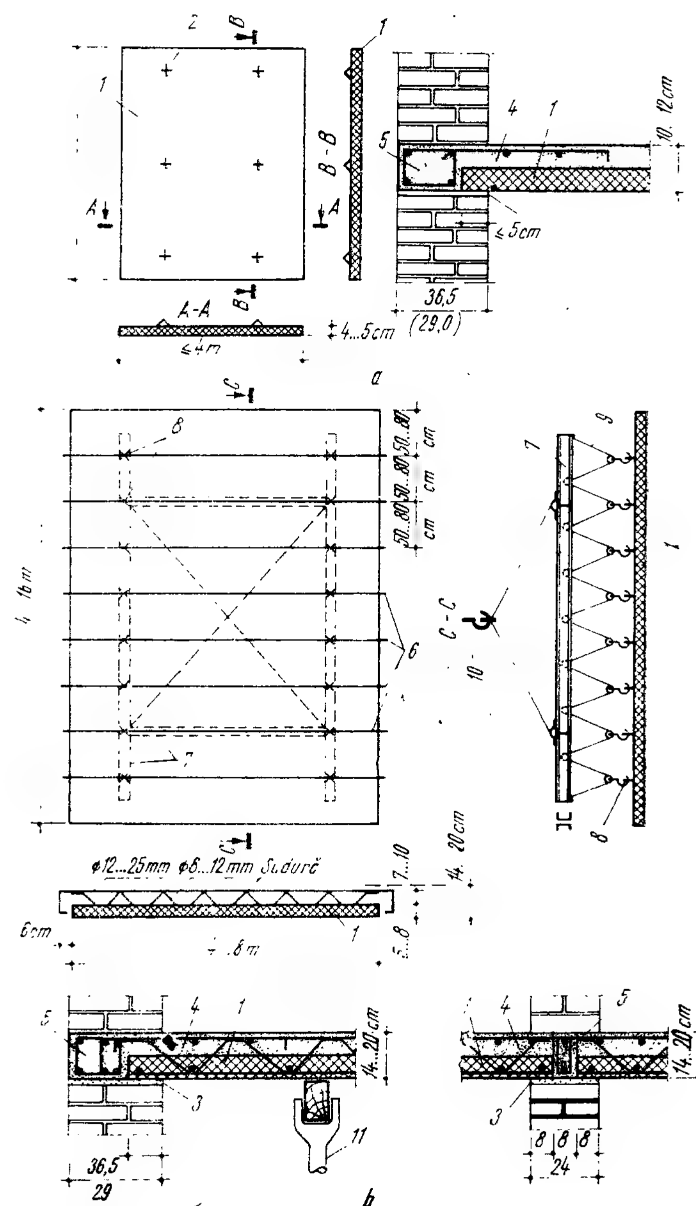


Fig. 12.30. Planşee cu predale prefabricate din beton armat:

a – plan şi secţiuni pentru predale de maximum 4 × 6 m; *b* – plan şi secţiuni pentru predale de maximum 8 × 16 m; *1* – predală din beton armat, de marcă minimum B200 sau din beton precomprimat de marcă minimum B 400; *2* – agrafe de ridicare, ancorate sub armătura de rezistenţă a predalei; *3* – mortar de poză M 100, de 2 cm grosime; *4* – beton armat monolit de marca predalei, turnat pe toată suprafaţa planşeului; *5* – centură din beton armat monolit; *6* – armătură pentru rigidizarea predalei la ridicare şi montaj; *7* – element de inventar, cadru metalic rigid, necesar pentru ridicarea predalei; *8* – puncte de agăţare la manipulare-ridicare; *9* – cable cu sisteme de scripeţi pentru egalizarea tensiunilor la ridicare; *10* – cîrlig de macara; *11* – susţinere provizorie.

Acest sistem constructiv de planşeu prezintă certe avantaje, însă la proiectare şi execuţie necesită o atenţie deosebită asupra următoarelor aspecte caracteristice:

– armătura dalei să fie astfel dispusă ca prin rigiditatea spaţială a armăturii nebetonate să se asigure rigiditatea necesară predalei pentru ridicare. Se recomandă carcase sudate şi montarea unor agrafe suplimentare de rigidizare;

– alegerea unor dispozitive de prindere şi ridicare adecvate astfel ca predala să nu fisureze peste limita admisă;

– efectuarea corespunzătoare a sprijinirii provizorii a predalei.

12.8.6. PLANŞEE DIN GRINZI PREFABRICATE PARŢIAL ŞI CORPURI DE UMPLUTURĂ

În cazul planşeelor cu încărcări şi deschideri mari, se pune problema de a realiza grinzi cu capacitate portantă mare, fără depăşirea înălţimii blocurilor de umplutură şi cu greutate cît mai redusă pentru a simplifica operaţiile de manipulare şi motaj.

Se folosesc două soluţii constructive mai reprezentative şi anume:

– dulapi precomprimaţi din beton armat cu rol de armătură în grinda monolită turnată între corpurile de umplutură;

– grindă cu armătură rigidă sub formă de grindă cu zăbrele cu talpa inferioară betonată pentru a permite montarea corpurilor de umplutură.

Aceste sisteme de grinzi parţial prefabricate necesită sprijiniri provizorii pe şantier, întrucît capacitatea portantă proiectată se obţine numai după întărirea betonului turnat între corpuri şi grinzi.

În cazul cînd planşeul se suprabetonează cu o placă din beton armat monolit, prin conclucrarea monolită între placă şi grinzile planşeului, se obţine o comportare mai bună la preluarea încărcărilor concentrate de pe planşeu, precum şi un spor substanţial de rigiditate.

12.9. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANŞEELOR

Structura de rezistenţă a unei clădiri este alcătuită din elemente verticale de rezistenţă (pereţi portanţi, stîlpi), din elemente orizontale de rezistenţă (planşee brute, riglele cadrelor) şi din fundaţii.

Acest ansamblu de elemente, numai prin realizarea unor legături şi prin asigurarea conlucrării între ele poate alcătui un tot unitar spaţial, numit structura clădirii. Structura este de rezistenţă numai atunci cînd ansamblul de încărcări verticale şi orizontale care acţionează asupra construcţiei poate fi preluat şi transmis de la element la element, pînă la fundaţiile clădirii care transmit încărcările terenului de fundaţie.

Structura de rezistenţă a unei clădiri este corespunzătoare atunci cînd fiecare element component şi ansamblul structurii este în măsură să preia şi să transmită încărcările maxime care pot interveni pe parcursul exploatării, deci să asigure capacitatea portantă, să nu se deformeze decît numai în limitele admise de condiţiile de funcţionare şi exploatare, deci să asigure rigiditatea şi stabilitatea elementelor şi a clădirii, să prezinte caracteristici fizico-mecanice favorabile şi o comportare mecanică sigură în timp, deci să asigure durabilitatea şi siguranţa clădirii.

Comportarea mecanică a planşeelor la încărcări verticale şi orizontale prin analiza spaţială a structurii clădirii este încă dificil de determinat, datorită complexităţii calculului şi datorită numărului mare de factori care trebuie luaţi în considerare.

Din acest motiv, planşeul se analizează sub două aspecte:

— ca element de construcţie sub acţiunea încărcărilor verticale (greutatea proprie şi încărcările pe planşeu), ţinînd cont de condiţiile de rezemare şi de conlucrare cu elementele verticale pe care reazemă şi se descarcă;

— ca element de construcţie în ansamblul structurii de rezistenţă a clădirii, sub acţiunea încărcărilor orizontale exterioare (vînt, seism).

În general, planşeele se dimensionează la încărcări verticale şi se verifică la încărcări orizontale.

12.9.1. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANŞEELOR LA ÎNCĂRCĂRI VERTICALE

În mod obişnuit, planşeele sînt elemente de construcţie dispuse orizontal. Planşeele înclinate se utilizează ca acoperişuri pentru închiderea clădirilor sau ca planşee curente în cazul unor construcţii cu destinaţie specială cum ar fi: săli de spectacole, săli de sport, expoziţii etc.; dacă unghiul de înclinare nu depăşeşte 6 grade, planşeul poate fi considerat în calcul ca un sistem orizontal.

12.9.1.1. **Încărcări verticale la planşee.** Încercările verticale care se iau în consideraţie la calculul planşeelor sînt: greutatea proprie a planşeului şi încărcările care acţionează pe planşeu (oameni, mobilier, utilaje, materiale, încărcarea din greutatea proprie a elementelor de construcţie purtate care sînt suportate de planşeu etc.). Categoriile de încărcări, valoarea lor, grupările de încărcări şi modul lor de acţiune, sînt prezentate în capitolul 3 *Acţiuni în construcţii*, cu menţiunea că luarea în considerare a încărcărilor seismice este reglementată prin normativul *P*13—70.

Încărcările de calcul ale planşeelor se diferenţiază astfel;

— încărcări din exploatarea curentă a planşeului;

— încărcări în faza de execuţie a planşeului;

— încărcări în faza de manipulare, transport şi montaj, care intervin în cazul planşeelor alcătuite din elemente prefabricate.

12.9.1.2. **Condiţii de rezemare şi descărcare.** Aceste condiţii se referă la rezemarea şi conlucrarea planşeelor cu elementele de construcţie pe care reazemă: pereţi portanţi, rigle sau grinzi de cadru etc. (fig. 12.31).

În cazul planşeelor la clădirile civile, din considerente economice şi de execuţie, condiţiile teoretice care definesc simpla rezemare, articulaţia şi încastrarea nu se realizează integral.

În principal, elementele de construcţie care alcătuiesc planşeul lucrează pe reazeme ca încastrate parţial, deci în condiţii intermediare articulaţiei şi încastrării perfecte.

Această comportare este cauzată de următorii factori:

— orice material este deformabil sub acţiunea încărcărilor, deci un element de planşeu nu se poate realiza perfect încastrat, ci va suferi o anumită rotaţie pe reazem, astfel că încastrarea se realizează numai parţial;

— orice articulaţie nu este perfectă, întrucît este capabilă de a prelua şi un anumit moment încovoietor (excepţie fac articulaţiile realizate cu piese speciale metalice, utilizate în cazuri foarte rare la planşee);

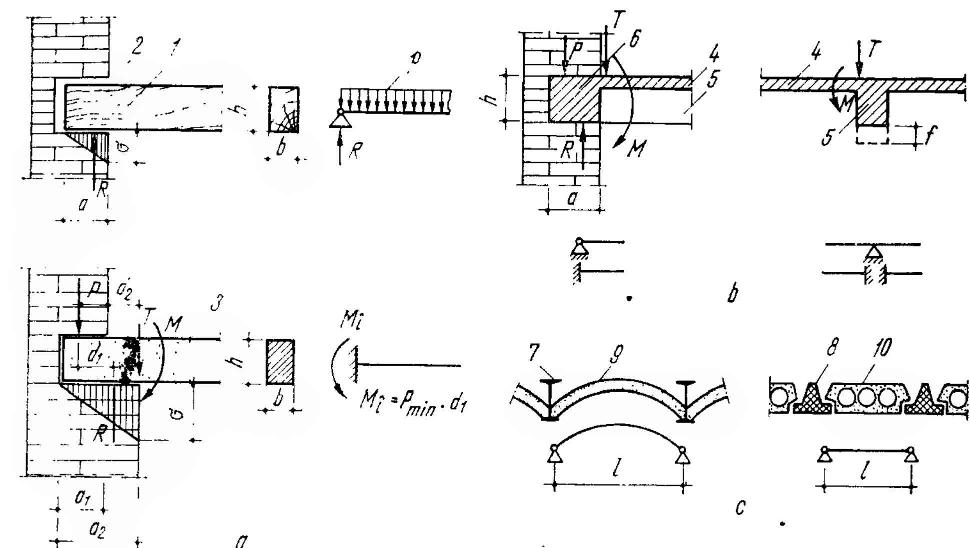


Fig. 12.31. Rezemarea elementelor de planşeu:

a — rezemarea elementelor de tip grindă; *b* — factorii care condiţionează rezemarea elementelor de tip placă; *c* — rezemarea elementelor de umplutură (secundare); *1* — grindă de lemn; *2* — spaţiu liber de ventilare; *3* — element portant de planşeu din beton armat; *4* — placă caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere şi prin conlucrarea structurală între placă şi centură, respectiv între placă şi grindă; *5* — grindă de beton armat caracterizată prin rigiditatea sa la încovoiere şi la torsiune şi prin gradul de conlucrare structurală între grindă şi centură; *6* — centura caracterizată prin rigiditatea sa şi prin conlucrarea mecanică care se realizează între centură şi perete; *7* — grindă metalică; *8* — grindă prefabricată din beton armat; *9* — bolţişoare din zidărie de cărămidă sau beton; *10* — element de umplutură; *f* — săgeata din încovoiere a grinzii.

— existenţa forţelor de frecare în dreptul reazemelor, geometria reazemelor şi diversitatea mare a sistemelor de conlucrare între planşee şi reazeme îndepărtează comportarea reazemelor de la condiţiile teoretice.

Pentru simplificarea calculului, rezemarea elementelor de planşeu se consideră astfel:

— *simplu rezemate*, atunci cînd rotirile pe reazeme sînt posibile, iar momentele de încastrare pe care reazemul le poate prelua sînt de valori practic neglijabile;

— *încastrate*, atunci cînd rotirile pe reazem sînt extrem de mici, momentul de încastrare se poate prelua şi transmite integral, iar rigiditatea reazemului este suficient de mare, astfel ca să poată fi considerat practic indeformabil;

— *încastrate parţial*, deci în condiţii intermediare simplei rezemări şi încastrării.

Aprecierea gradului de încastrare parţială necesită o atenţie mare la proiectare şi o judicioasă determinare analitică, întrucît solicitările în planşeu determinate cu ipoteza simplei rezemări sau încastrării vor trebui în final corectate în funcţie de gradul de încastrare parţial efectiv.

Pe reazemele intermediare (pereţi portanţi interiori, rigle de cadru), planşeele se consideră continue atunci cînd este asigurată continuitatea de structură a planşeului pe reazeme şi implicit cînd reazemele asigură comportarea mecanică a planşeului în condiţii de continuitate.

La planşeele realizate din elemente de rezistenţă de acelaşi tip (bolţi din zidărie, plăci, dale, panouri, fîşii, grinzi dispuse alăturat), fiecare element de planşeu reazemă pe structura verticală de rezistenţă a clădirii.

La planşeele realizate din elemente diferite (bolţişoare şi grinzi; plăci şi grinzi; elemente de umplutură şi grinzi), elementele principale de rezistenţă (grinzile)

constituie reazeme (interioare) pentru elementele secundare de planşeu (bolţişoare din zidărie, plăci, elemente de umplutură etc.).

Pentru aprecierea corectă a rezemării planşeelor şi a particularităţilor ce derivă din comportarea mecanică diferită a materialelor de construcţii din alcătuirea reazemului şi a planşeului, este necesară consultarea normativelor, a standardelor în vigoare şi a tratatelor de specialitate, privind construcţiile din zidărie, lemn, beton armat şi metal.

12.9.1.3. **Preluarea şi transmiterea încărcărilor verticale.** Zidăria şi betonul simplu sînt capabile de a prelua, în principal, eforturi de compresiune, astfel că realizarea planşeelor din zidărie sau beton simplu a impus forma geometrică curbă. Cea mai raţională formă geometrică a bolţilor şi cupolelor este cea de coincidenţă, în care caz axul geometric al bolţii coincide cu poligonul funicular al încărcărilor, respectiv cu curba de presiune. În acest caz, încărcările verticale sînt preluate şi transmise numai prin solicitări de compresiune în boltă.

Bolţile de coincidenţă pot avea o formă continuă numai în cazul încărcărilor distribuite pe planşeu; pentru încărcări concentrate nu se poate realiza o boltă de coincidenţă. Pentru o încărcare distribuită dată se poate determina analitic forma bolţii de coincidenţă sau pentru o formă de boltă dată se poate determina forma încărcării pentru care se realizează coincidenţa. În general, se iau în considerare încărcările predominante pe planşeu pentru determinarea formei geometrice de coincidenţă a bolţii.

În cazul încărcărilor parţiale sau concentrate pe planşeu, cît şi atunci cînd forma geometrică de execuţie se abate de la forma de coincidenţă determinată analitic, este necesară stabilirea momentelor încovoietoare în diferitele secţiuni ale bolţii. În aceste cazuri se recomandă ca devierea de la coincidenţă să se încadreze în limitele sîmburelui central al secţiunilor bolţii, pentru evitarea solicitărilor de întindere.

Metalul şi betonul armat sînt capabile de a prelua atît eforturi de compresiune cît şi de întindere, deci planşeele pot fi realizate de formă plană, fiind solicitate în principal la încovoiere.

În general, planşeele sînt alcătuite din elemente de tip placă şi de tip grindă. Planşeele simple, fiind realizate din elemente de acelaşi tip, se comportă mecanic la încărcări verticale similar cu tipul de element de planşeu utilizat.

Planşeele compuse fiind realizate din elemente de tip diferit, este necesar pentru simplificarea calculului descompunerea structurii planşeului în elementele structurale componente (elemente de umplutură, plăci, grinzi, reţele de grinzi etc.). Descompunerea structurii planşeului se va face în sensul preluării şi transmiterii încărcărilor verticale, rezultînd astfel ordinea de importanţă şi cea de calcul (fig. 12.32).

Cu cît gradul de conlucrare, de continuitate structurală şi de monolitism între elementele componente ale planşeului şi între planşeu şi reazeme (structura verticală a clădirii) este mai ridicat, cu atît comportarea mecanică (solicitări şi deformaţii) a planşeului este mai favorabilă.

12.9.1.4. **Solicitări şi deformaţii în planşee.** În general, starea de solicitări şi de deformaţii se determină după regulile şi metodele mecanicii construcţiilor, considerînd planşeele în stadiul elastic de lucru. În funcţie de tipul de planşeu (structură, materiale) este necesar a se avea în vedere particularităţile de calcul precizate în normativele, standardele şi tratatele de specialitate privind construcţiile de zidărie, lemn, metal şi beton armat. Astfel se analizează: necesitatea luării în considerare a stadiului plastic de lucru, predimensionarea secţiunilor din condiţii de rigiditate şi stabilitate, deschiderile de calcul în funcţie de

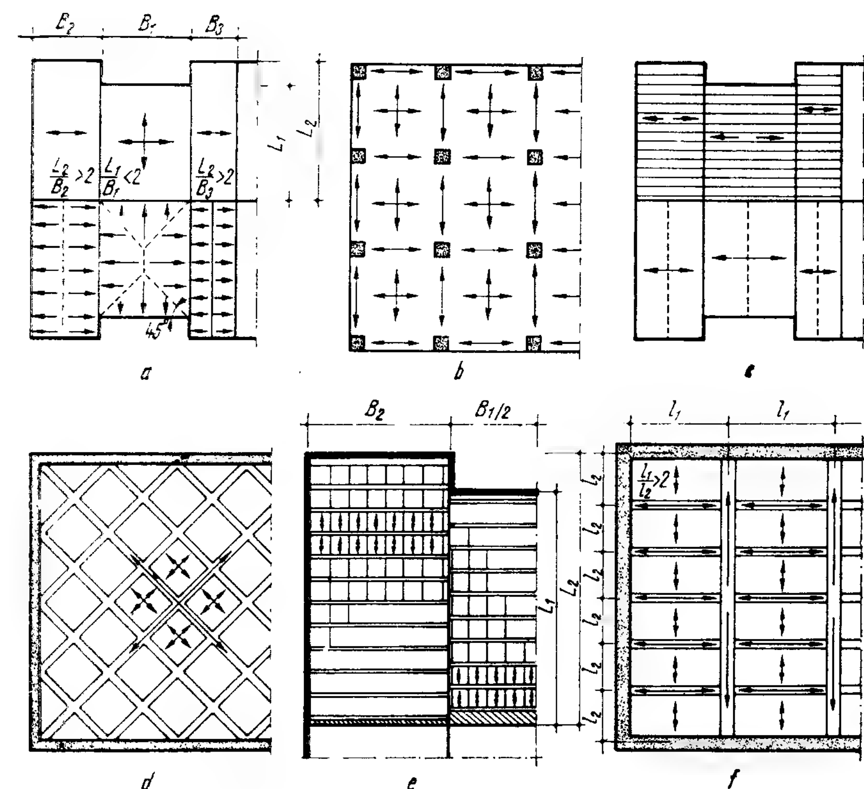


Fig. 12.32. Schema transmiterii încărcărilor verticale:

a — planşeu din plăci; *b* — planşeu din dală groasă rezemată pe stîlpi; *c* — planşeu din fîşii; *d* — planşeu casetat; *e* — planşeu din grinzi şi elemente de umplutură; *f* — planşeu cu grinzi principale şi secundare.

condiţiile de rezemare, natura conlucrării între elementele de planşeu, ipotezele de încărcare pentru determinarea solicitărilor maxime în secţiuni, influenţa deformaţiilor din încovoiere asupra variaţiei solicitărilor, eforturile de torsiune în grinzi datorită deformaţiilor din încovoiere a plăcilor raportul între ipotezele de calcul şi comportarea reală a planşeelor în structura clădirii, efectul variaţiilor de temperatură, efectul tasării reazemelor etc.

12.9.1.5. **Dimensionarea şi verificarea planşeelor.** Conform reglementărilor în vigoare, dimensionarea şi verificarea secţiunilor elementelor de planşeu se efectuează după următoarele metode de calcul:

— metoda rezistenţelor admisibile, pentru planşee din lemn;

— metoda stărilor limită, pentru planşee din zidărie, din metal şi din beton armat, prin luarea în considerare a stărilor limită ale capacităţii portante (starea limită de rezistenţă, starea limită de oboseală în cazul încărcărilor dinamice pe planşeu şi starea limită de stabilitate) şi a stărilor limită ale exploatării normale (starea limită de deformaţie şi starea limită de apariţie şi de deschidere a fisurilor, în cazul planşeelor din beton armat).

În ambele metode de calcul şi pentru toate tipurile de planşee este necesară verificarea ca deformaţiile maxime din încovoiere să nu depăşească valorile maxime admise, respectiv planşeele trebuie astfel alcătuite structural şi dimen-

sionate geometric, ca rigiditatea efectivă la încovoiere din încărcările verticale să fie mai mare sau la limită egală cu rigiditatea minimă prescrisă.

Valorile prescrise pentru săgeţile maxime admise ale planşeelor sînt stabilite din condiţiile ce rezultă din comportarea mecanică pe baza ipotezelor metodelor de calcul şi din cerinţele de exploatare normală a planşeelor privind: gradul de planeitate al pardoselilor, nedegradarea finisajelor tavanului, funcţionarea normală a instalaţiilor înglobate în stuctura planşeului etc.

Pentru elementele încovoiate ale planşeelor curente, în funcţie de deschiderea de calcul l şi de materialul din care sînt realizate, valoarea săgeţilor maxime admise conform normelor în vigoare sînt următoarele:

$\frac{l}{250}$, pentru grinzi din lemn;

$\frac{l}{400}$, pentru grinzi principale din metal sau din beton armat şi $l/300$, pentru celelalte grinzi;

$\frac{l}{200}$, pentru planşee din beton armat cu tavanul plan şi cu deschiderea l, pînă la 7 m şi $l/300$, pentru deschideri mai mari de 7 m;

$\frac{l}{200}$, pentru planşee din beton armat cu nervuri, cu deschidere l mai mică decît 5 m; 1/300, pentu l cuprins între 5...7 m şi $l/400$, pentru l mai mare de 7 m.

Pentru toate tipurile de planşee atunci cînd suportă tencuiala tavanului sau cînd sînt tencuite, săgeata maximă admisă este $l/350$.

Stabilitatea locală a planşeelor la încărcări verticale se asigură prin evitarea flambajului elementelor sau zonelor comprimate din alcătuirea planşeului, precum şi prin asigurarea condiţiilor de rezemare şi descărcare corespunzătoare.

Cerinţele de stabilitate locală, de rigiditate la încovoiere, de economicitate a structurii planşeului şi cerinţele de execuţie se pot asigura printr-o judicioasă alegere a dimensiunilor secţiunii elementelor de planşeu. Spre exemplu, în cazul planşeelor de beton armat monolit din plăci, grinzi secundare şi grinzi principale se fac următoarele recomandări:

— pentru plăci simplu rezemate şi continui pe reazeme $h_p = l/35$, unde l este deschiderea plăcii şi $h_p = l/40$ în cazul plăcilor încastrate, dar în ambele cazuri $h_{min} = 7$ cm;

— prin grinzi principale înălţimea $h = l/15$ şi pentru grinzi secundare $h = l/20$, iar lăţimea lor $b = (0,3...0,5)\ h$.

12.9.2. COMPORTAREA MECANICĂ A PLANŞEELOR LA ÎNCĂRCĂRI ORIZONTALE

12.9.2.1. **Încărcări orizontale pe planşee.** Încărcările orizontale datorită acţiunii vîntului şi cutremurelor asupra construcţiilor se determină valoric şi ca mod de acţiune conform cu precizările din capitolul 3 „*Acţiuni de construcţii*", cu observaţia că nu se va lua în considerare acţiunea lor concomitentă ci numai cea cu efectul cel mai defavorabil.

12.9.2.2. **Rigiditatea orizontală a planşeelor.** În structura de rezistenţă a clădirii, planşeele au rolul de diafragme orizontale care asigură stabilitatea şi

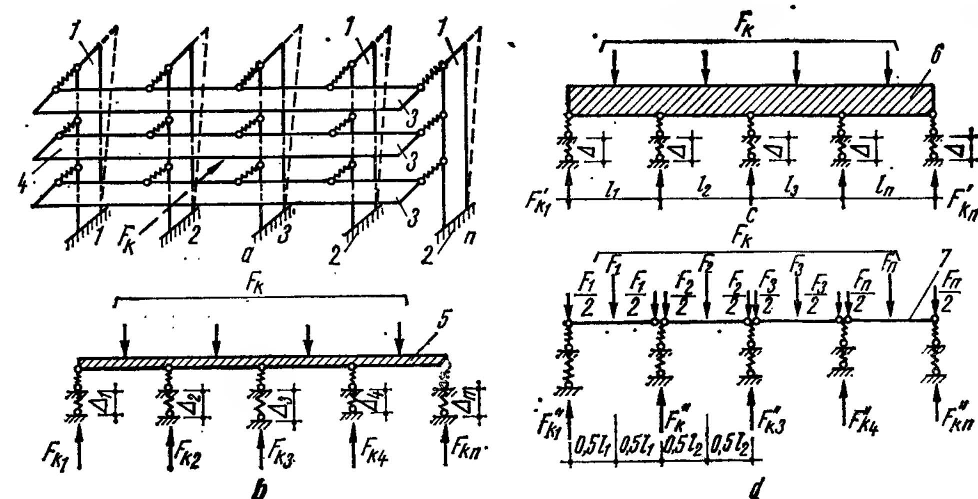


Fig. 12.33. Scheme pentru modul de repartizare a încărcărilor orizontale la diafragmele verticale considerate ca reazeme elastice:

a — reprezentare axonometrică a ansamblului planşee-pereţi; *b* — planşeu cu rigiditate EI, cu $\Delta_1 \neq \Delta_2 \neq ... \neq \Delta_n$; *c* — planşeu cu rigiditate infinită, cu $\Delta_1 = \Delta_2 = ... = \Delta_n = \Delta$; *d* — planşeu cu rigiditate foarte mică, cînd lucrează ca grindă simplu rezemată pe fiecare deschidere între pereţii portanţi; *1* — pereţi portanţi (diafragme verticale); *2* — încastrare la baza clădirii; *3* — planşee (diafragme orizontale; *4* — planşeul k; *5* — planşeu cu rigiditate orizontală EI; *6* — planşeu cu rigiditate foarte mare $EI = \infty$; *7* — planşeu cu rigiditate EI foarte mică, în comparaţie cu reazemele (diafragmele verticale); F_k — încărcarea totală ce revine planşeului k din acţiunea vîntului sau seismului; $F_{k1}, F'_{k1}, F''_{k1}...$ $F_{ki}, F'_{ki}, F''_{ki} ... F_{kn}, F'_{kn}, F''_{kn}$ — încărcările ce revin diafragmelor verticale la nivelul k din încărcarea de nivel F_k, în funcţie de rigiditatea orizontală a planşeelor.

rigiditatea spaţială a clădirii şi participă la repartizarea încărcărilor orizontale la elementele de construcţie verticale şi anume la cadre şi la pereţii portanţi (diafragmele verticale).

Ca mod de comportare mecanică în plan orizontal, planşeul poate fi considerat ca o grindă simplu rezemată sau continuă pe reazeme elastice care sînt pereţi, cadre sau alte elemente de construcţie portante pe care se descarcă planşeele (fig. 12.33).

În condiţii identice, rigiditatea maximă pe direcţia orizontală o au planşeele din beton armat monolit, apoi urmează planşeele din beton armat prefabricat, iar rigiditatea minimă o au planşeele din lemn. În cazul planşeelor prefabricate din beton armat, rigiditatea orizontală este condiţionată în mare măsură de sistemul de îmbinare între elementele prefabricate, între elemente şi reazeme, precum şi de calitatea execuţiei acestor îmbinări.

Încercările efectuate în U.R.S.S. pe modele de planşee cu diferite alcătuiri constructive au pus în evidenţă rigiditatea diferită a planşeelor pe direcţia orizontală; astfel din analiza diagramelor din figura 12.34 rezultă următoarele concluzii:

— la încărcări mai mici decît cele corespunzătoare apariţiei primei fisuri, rigiditatea cea mai mare o au planşeele monolite, iar rigiditatea cea mai mică, planşeele din lemn. Planşeele prefabricate se încadrează între aceste două limite, cu observaţia că rigiditatea cea mai mare o are planşeul cu monolitizări între elemente şi cu centură pe contur, iar rigiditatea cea mai mică o are planşeul cu pene, fără centură şi cu rosturile nemonolitizate. Săgeata orizontală f a planşeului produsă de forţa concentrată P aplicată la mijlocul deschiderii se poate deter-

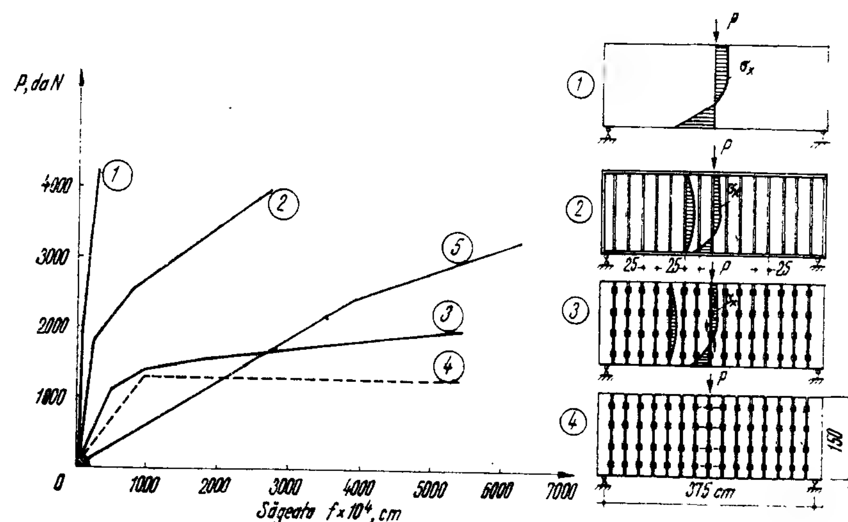


Fig. 12.34. Diagramele săgeţilor orizontale la mijlocul deschiderii planşeelor încercate, în funcţie de valoarea forţei concentrate P şi de tipul de planşeu :
1 — placă din beton armat monolit ; *2* — planşeu din fişii prefabricate din beton armat cu rosturile monolitizate cu mortar şi centură din beton armat monolit pe contur ; *3* — planşeu din fişii prefabricate din beton armat cu pene şi rosturile monolitizate cu mortar, fără centură pe contur ; *4* — planşeu din fişii prefabricate cu pene monolitizate, cu rosturile între fişii neumplute cu mortar şi fără centură pe contur ; *5* — planşeu din lemn, realizat cu căptuşeli oblice pe două direcţii fixate prin cuie.

mina ţinînd seama de deformaţiile de încovoiere şi lunecare, ca pentru o grindă simplu rezemată cu o deschidere, la care lucrează toată secţiunea dreptunghiulară.

Dacă se admite $G = 0{,}425\ E$ se poate determina modulul de elasticitate convenţional E_{conv} cu relaţia :

$$E_{conv} = \frac{Pl}{4fbh}\left(\frac{l^2}{h^2} + 2{,}82\right), \tag{12.1}$$

în care : b şi h sînt lăţimea, respectiv înălţimea secţiunii, iar l — deschiderea de calcul a planşeului.

Valorile E_{conv} stabilite cu relaţia (12.1), pe baza săgeţilor f determinate experimental, sînt următoarele :

— planşeu monolit . . . . 272 000 daN/cm²;
— planşeu prefabricat, cu centură şi rosturi betonate . 86 000 daN/cm²;
— planşeu prefabricat fără centură şi cu rosturi betonate . . . . 18 100 daN/cm²;
— planşeu prefabricat cu pene şi cu rosturi nebetonate 12 500 daN/cm²;
— planşeu din lemn . . . . 6 320 daN/cm².

Planşeele prefabricate cu centuri din beton armat se comportă cel mai apropiat de planşeele monolite, ceea ce indică utilitatea centurilor la clădirile solicitate de încărcări orizontale.

Rezultatele cercetărilor de laborator, ale măsurătorilor pe clădiri în exploatare precum şi verificările efectuate pe bază de calcul, au pus în evidenţă faptul că planşeele lucrează ca diafragme orizontale cu rigidităţi diferite, în funcţie

de alcătuirea lor constructivă, deci condiţionează rigiditatea de ansamblu a structurii clădirii şi repartizarea încărcărilor orizontale la elementele verticale de rezistenţă ale clădirii.

Pe baza criteriului de rigiditate a planşeelor în planul lor (rigiditate orizontală), planşeele se pot clasifica în :

— *planşee cu placă monolită continuă* : din beton armat monolit ; cu predale betonate ; cu grinzi parţial prefabricate, corpuri de umplutură şi suprabetonare generală etc. ;

— *planşee din elemente prefabricate în îmbinări care reconstituie continuitatea* de exemplu : planşee din panouri mari ;

— *planşee cu rosturi* : planşee prefabricate fără suprabetonare generală, realizate din fişii cu goluri, fişii ceramice, din grinzi prefabricate şi corpuri de umplutură etc.

În general, planşeele cu placă continuă pot fi utilizate în toate zonele seismice. Planşeele cu rosturi se consideră că pot fi utilizate cel mult în zone seismice de gradul 7, numai la anumite clădiri şi numai în anumite condiţii, conform reglementărilor din *Normativul pentru proiectarea construcţiilor civile şi industriale în regiuni seismice*, indicativ P 13—70 şi a proiectelor tip pentru elemente prefabricate de planşee.

În literatura de specialitate, în funcţie de alcătuirea constructivă şi rigiditatea orizontală a planşeelor, sînt prezentaţi valoric coeficienţii care se pot lua în considerare la calculul distribuţiei încărcărilor orizontale de nivel la elementele portante verticale ale clădirii. De asemenea, sînt precizate recomandările privind distanţele maxime între elementele portante ale clădirii şi înălţimile maxime ale etajelor, în vederea obţinerii unui raport optim între rigiditatea elementelor structurii verticale şi rigiditatea orizontală, astfel ca structura în ansamblu să prezinte o comportare spaţială corespunzătoare la acţiunea încărcărilor orizontale.

12.9.2.3. **Calculul planşeelor la încărcări orizontale.** Încărcările orizontale totale din vînt sau seism se distribuie pe înălţimea clădirii sub formă de încărcări concentrate orizontale, cu acţiune la nivelul planşeelor şi cu valori conform precizărilor din capitolul 15 şi din Normativul P 13—70. Aceste încărcări de nivel se repartizează elementelor structurii verticale proporţional cu rigidităţile relative de nivel ale elementelor respective, luîndu-se în considerare şi efectul torsiunii cînd aceasta intervine.

În cazul clădirilor cu structura de rezistenţă din stîlpi şi planşee dală, planşeele se comportă mecanic ca rigle de cadru, deci solicitările şi deformaţiile rezultă din calculul cadrelor înlocuitoare după cele două direcţii (transversal şi longitudinal).

În cazul clădirilor cu structura din cadre, din diafragme (pereţi portanţi) sau cu structură mixtă din cadre şi diafragme, planşeele se calculează în ipoteza de grinzi sau grinzi-pereţi continue pe reazeme elastice.

Acoperitor, se poate admite repartizarea uniformă a încărcării orizontale de nivel, ca mod de acţiune asupra planşeului (fig. 12.35, *a*).

Reacţiunile la reazemele grinzii echivalente (planşeul) sînt forţele de nivel repartizate structurii verticale a clădirii.

Solicitările planşeului în plan orizontal şi anume forţele tăietoare şi momentele încovoietoare se determină după metodele staticii construcţiilor, prin

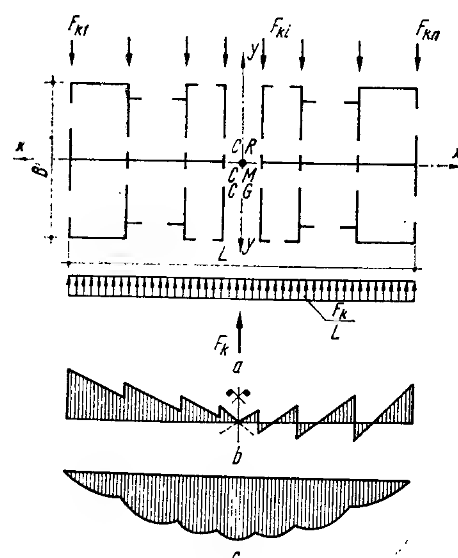


Fig. 12.35. Solicitări în planşeu din acţiunea încărcărilor orizontale:

a — schema unei clădiri cu structură verticală simetrică; *b* — diagrama forţelor tăietoare la nivelul planşeului *k* (variante); *c* — diagrama momentelor încovoietoare la nivelul planşeului *k*; F_k — încărcarea totală orizontală la nivelul planşeului *k* din acţiunea vîntului sau seismului; F_{ki} — încărcarea ce revine diafragmei verticale *i* la nivelul *k* din încărcarea de nivel F_k; *CR*-centrul de rigiditate al structurii verticale; *CG* — centrul de greutate al structurii verticale; *CM* — centrul maselor.

luarea în considerare a direcţiilor de acţiune a încărcărilor orizontale, conform axelor principale ale structurii verticale de rezistenţă (fig. 12.35, *b*, *c*) [2].

Valorile M şi T pentru verificarea secţiunilor planşeului vor trebui corectate prin înmulţire cu termenul de corecţie $1/m$, unde m este un coeficient prin care se ia în considerare modul de comportare mecanică a planşeului ca diafragmă orizontală cu o anumită rigiditate.

Valorile orientative ale coeficientului m, în funcţie de raportul dimensiunilor în plan ale clădirii B/L, de alcătuirea constructivă a planşeului şi de direcţia de acţiune a încărcărilor orizontale, sînt prezentate în tabelul 12.1.

Verificarea secţiunilor planşeului se efectuează în felul următor:

— se verifică eforturile de întindere şi de compresiune din încovoierea planşeului date de încărcările orizontale;

— în cazul planşeelor din beton armat se verifică secţiunea de armare după laturile întinse, respectiv eforturile de compresiune din zonele comprimate;

— se verifică la forţe tăietoare planşeul, prin luarea în considerare atît a forţelor tăietoare din încărcările orizontale cît şi din cele verticale;

— în cazul planşeelor din beton armat monolit, se verifică necesitatea armării suplimentare transversale şi longitudinale.

O atenţie deosebită trebuie acordată planşeelor prefabricate pentru: armarea transversală a rosturilor de îmbinare, verificarea la forfecare a penelor de îmbinare şi verificarea la compresiune locală a pragurilor, în cazul îmbinărilor cu dinţi.

Tabelul 12. 1.

Direcţia de acţiune a încărcării orizontale	Tipul planşeului de beton armat	Raportul dimensiunilor în plan, B/L	Valoarea m
Longitudinal	Monolit; prefabricat	Orice raport	0,8
Transversal	Monolit; panouri prefabricate monolitizate; fîşii prefabricate cu suprabetonare monolită	$>1:5$	0,8
		$\leqslant 1:5$	0,7
	Prefabricat din fîşii	$>1:2$	0,75
		$\leqslant 1:5$	0,65

Capitolul 13

SCĂRI

13.1. ELEMENTE DE CONSTRUCŢII PENTRU CIRCULAŢIA PE VERTICALĂ. ROL ŞI IMPORTANŢĂ. SCURT ISTORIC

În cadrul unei clădiri civile se realizează o ordonare a unităţilor funcţionale componente, bazată pe criterii de funcţionalitate în scopul desfăşurării în condiţii optime a proceselor funcţionale pentru care este destinată clădirea respectivă, fără a se face risipă de spaţiu, dar avînd în vedere existenţa unor spaţii de legătură între diversele zone ale clădirii, atît pe orizontală (accese, holuri, coridoare, degajamente etc.), cît şi pe verticală (planuri înclinate, scări, ascensoare, escalatoare, fig. 13.1).

Planul înclinat este elementul de construcţie care permite accesul între două cote de nivel, prin circulaţia pe o suprafaţă înclinată, avînd panta mică (sub 15°), determinată de exploatarea comodă; se folosesc la săli de spectacole, garaje, rampe de încărcare, adăposturi pentru animale sau pentru accesul între zone cu diferenţe de nivel relativ mici (din hol în sala de spectacol).

Scările constituie un ansamblu de elemente de construcţie care asigură accesul în clădire şi legătura pe verticală între nivelurile clădirii. În afară de importanţa funcţională, scările pot avea şi rol estetic, în funcţie de tipul clădirii.

Ascensoarele asigură circulaţia numai pe verticală a persoanelor sau a mărfurilor.

Scara rulantă (*escalatorul*) este o bandă fără sfîrşit, dispusă înclinat, prevăzută cu trepte orizontale normale (fig. 13.2), care se foloseşte în cazul circulaţiilor cu debit mare şi la diferenţe de nivel relativ mari (magazine universale, accese la pasaje subterane, la staţii de metrou etc.); cînd nu se află în mişcare poate fi folosită ca scară obişnuită. Viteza scărilor rulante este de 0,7...0 ,8 m/s şi asigură un debit pînă la 9 000...10 000 de persoane pe oră.

Apariţia şi dezvoltarea scărilor este strîns legată de apariţia şi dezvoltarea locuinţelor; primele scări au apărut la locuinţele cu un nivel şi serveau pentru accesul din exterior; ulterior, au apărut scările pentru circulaţia la pod şi la subsol (pivniţe). Odată cu apariţia etajelor s-a pus problema creării unor scări interioare (sau exterioare) pentru legătura între niveluri.

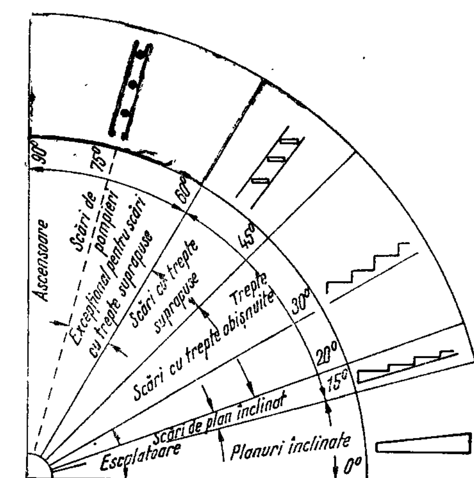


Fig. 13.1. Pantele elementelor de legătură pe verticală.

Condiţiile de funcţionalitate (lăţime, pantă, comoditate, siguranţă în circulaţie etc.) s-au pus mai pregnant la scările folosite frecvent, de exemplu, la cele pentru accesul exterior şi la cele de legătură între niveluri (scări principale).

Formele geometrice şi performanţele scărilor au evoluat în funcţie de posibi-

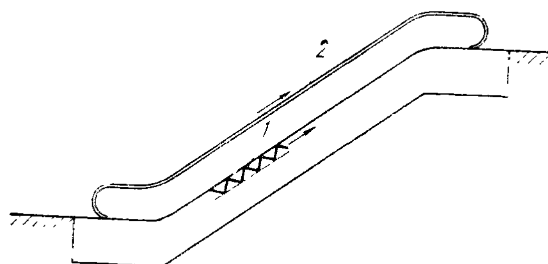


Fig. 13.2. Scară rulantă (escalator):
1 – scară rulantă; *2* – mînă curentă.

lităţile materialelor folosite: lemnul, piatra naturală, iar mai tîrziu metalul au permis realizarea scărilor din elemente liniare. Apariţia betonului armat a dus la realizarea scărilor din elemente de suprafaţă cu conlucrare plană şi din elemente cu conlucrare spaţială.

Astăzi, concepţia şi realizarea scărilor este legată de importanţa construcţiei, a rolului lor funcţional, a condiţiilor de evacuare în caz de incendiu, estetice, fizico-igienice etc. pe care trebuie să le îndeplinească. Folosirea materialelor noi, nu numai la scări, ci şi la structuri, asigurarea acceselor în cele mai diferite clădiri, considerente legate de folosirea judicioasă a spaţiului etc., au determinat o mare varietate de forme în plan şi de structuri pentru scări. Perfecţionarea calculului construcţiilor a permis proiectarea unor structuri de scări cu conlucrare plană şi spaţială.

13.2. ALCĂTUIREA ŞI CONDIŢIILE TEHNICE IMPUSE SCĂRILOR

Scările sînt alcătuite dintr-o serie de elemente de construcţie care, prin modul de dispunere şi prin legăturile lor reciproce sau cu elementele portante ale clădirii formează o structură rigidă, capabilă să asigure preluarea încărcărilor permanente şi a celor provenite din circulaţia oamenilor, transportul mobilierului sau mărfurilor etc. În cazul scărilor exterioare, trebuie să se considere şi efectele acţiunilor climatice (încărcări din vînt, zăpadă etc.).

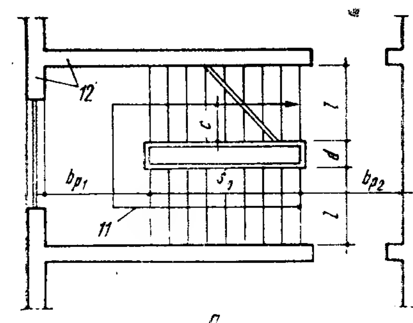
13.2.1. ALCĂTUIREA SCĂRILOR

În general, elementele componente ale scărilor sînt (fig. 13.3):

— *rampa* sau *aripa* scărilor, care reprezintă elementul înclinat de legătura dintre două suprafeţe orizontale, denumite *podeste*, situate la cote de nivel diferite; este formată din trepte şi din elementul de rezistenţă înclinat care poate fi o placă, o grindă amplasată pe mijlocul rampei, două grinzi laterale înclinate denumite vanguri etc. În cazul în care treptele sînt fixate direct într-un element vertical de rezistenţă (perete, stîlp etc.) şi lucrează ca nişte console, atunci elementul de rezistenţă înclinat al rampei lipseşte şi rampa este formată numai din trepte care, de obicei, lucrează independent;

— *treapta* constituie elementul orizontal al rampei, cu lăţimea b, iar elementul vertical dintre două trepte succesive, cu înălţimea h, constituie *contratreapta*. Pot exista rampe alcătuite numai cu trepte şi lipsite de contratrepte. Lăţimea rampei, l, este egală cu lungimea treptelor;

— *vangul* reprezintă marginile libere ale rampei, putîndu-se deosebi vangul interior sau exterior. Dacă o margine a rampei este rezemată sau încastrată în perete, atunci vangul respectiv lipseşte. Dacă în lungul vangului se prevede o grindă, aceasta se numeşte *grindă-vang*.



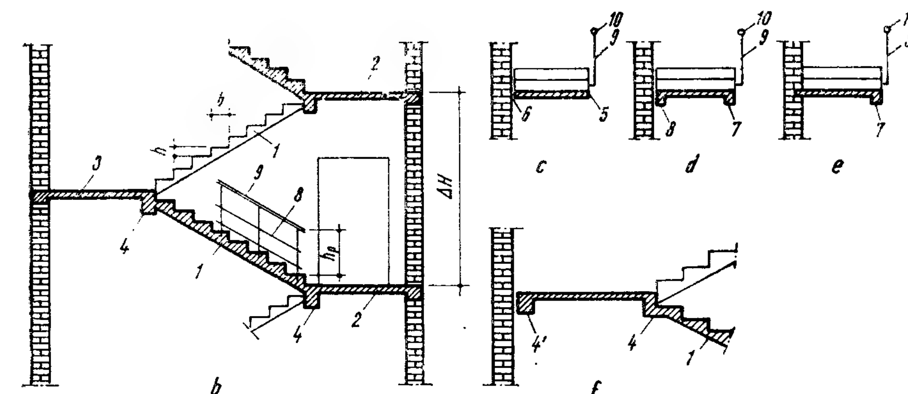


Fig. 13.3. Alcătuirea scărilor:
a – planul unei scări cu două rampe; *b* – secţiune verticală prin casa scării; *c* – secţiune printr-o rampă fără grinzi-vang; *d* – secţiune printr-o rampă cu grinzi-vang; *e* – secţiune printr-o rampă cu grindă de vang interior; *f* – secţiune printr-un podest cu grinzi-podest; *1* – rampă; *2* – podest nivel curent; *3* – podest intermediar; *4*; *4'* – grinzi-podest, interioară şi exterioară; *5*; *6* – vanguri, interior şi exterior; *7*; *8* – grinzi-vang, interioară şi exterioară; *9* – balustradă; *10* – mînă curentă; *11* – linia paşilor; *12* – pereţii casei scării; b – lăţimea treptei; h – înălţimea contratreptei; l – lungimea treptei; d – distanţa dintre vanguri; b_{p1}, b_{p2} – lăţimile podestelor; s_0 – lungimea de desfăşurare a rampei; c – distanţa de la linia paşilor la parapet (balustradă); h_p – înălţimea parapetului; ΔH – înălţimea de urcare între două niveluri.

— *podestele de nivel* sînt elementele plane şi orizontale amplasate la extremităţile rampelor, avînd aceeaşi cotă de nivel cu etajele clădirii, constituind locurile de acces în elementele de circulaţie orizontală sau chiar în unităţile funcţionale de la etajul respectiv. *Podestele intermediare* permit schimbarea direcţiei rampelor între două niveluri în scopuri funcţionale şi de economisire a spaţiului şi prin întreruperea continuităţii unor rampe prea lungi constituie locuri de odihnă;

— *grinzile-podest* se prevăd pe marginile podestelor (de regulă, paralel cu treptele), avînd rolul de reazem pentru podeste şi pentru elementele de rezistenţă înclinate ale rampei;

— *balustrada* se prevede pe marginile libere ale rampelor şi podestelor ca o măsură de siguranţă împotriva căderii persoanelor care circulă sau staţionează pe scări. În acelaşi timp serveşte pentru sprijin la circulaţia pe rampe, fiind prevăzută cu *mînă curentă* realizată din materiale plastice, lemn, metal etc.

13.2.2. CONDIŢII TEHNICE PENTRU SCĂRI

Condiţiile capitale, legate de durabilitate, sînt deosebit de importante în cazul scărilor, stabilindu-se ca şi acelea pentru structura de rezistenţă.

În cadrul *condiţiilor mecanice* se acordă o atenţie deosebită verificării siguranţei elementelor de rezistenţă ale scării, în vederea obţinerii unei asigurări raţionale a construcţiei în raport cu stările limită. De asemenea, condiţiile de exploatare normală necesită ca să asigure rezistenţa la uzură a suprafeţelor circulate

utilizîndu-se, în acest scop, trepte cu finisaje rezistente la uzură. Uneori, muchia treptelor este protejată cu oțel cornier, iar suprafața lor este antiderapantă.

Rezistența la foc a scărilor este importantă prin faptul că, în caz de incendiu, scările reprezintă elementul structural care trebuie să reziste pe o durată cît mai mare de timp pentru a permite evacuarea locatarilor din clădire. Pereții casei scărilor (încăperea în care sînt amplasate scările) prin modul lor de realizare trebuie să oprească propagarea incendiului în casa scării.

Rezistența la îngheț-dezgheț este importantă în cazul scărilor exterioare, ale căror elemente și finisaje sînt expuse direct mediului exterior.

Condițiile de confort sînt legate de o serie de factori fizici ce se referă la casa scării: iluminarea (naturală sau artificială), temperatura și viteza aerului, izolarea fonică, ventilația, culoarea finisajelor etc. Confortul termic se asigură prin încălzirea casei scării și realizarea pereților exteriori cu o rezistență suficientă la transferul termic ca și la celelalte unități funcționale. Modul de alcătuire a scărilor și casei scării trebuie să asigure confortul fonic (la zgomot aerian și de impact) în unitățile funcționale învecinate casei scării, iar dacă este cazul, se ține seama și de prezența liftului. În cazul scărilor amplasate în interiorul clădirii, trebuie acordată atenție iluminării și ventilării artificiale a casei scărilor.

13.3. PROIECTAREA FUNCȚIONALĂ A SCĂRILOR

13.3.1. LĂȚIMEA RAMPELOR ȘI PODESTELOR

Prin proiectarea funcțională a căilor de circulație se înțelege determinarea lățimii lor minime (lățimea coridoarelor, a podestelor, a rampelor, a ușilor etc.), avînd în vedere cerințele de exploatare optimă, iar în caz de incendiu sau alt pericol, asigurarea evacuării rapide a tuturor persoanelor din clădire. Dimensiunile corpului omenesc în mișcare determină dimensionarea tuturor spațiilor destinate circulației.

Evacuarea persoanelor din clădiri se consideră că se face sub formă de fluxuri (șiruri de persoane așezate una în spatele celeilalte), care circulă prin căile de evacuare spre exteriorul clădirii. Lățimea rampelor și podestelor se determină după nivelul cu cel mai mare număr de fluxuri, fără a se cumula fluxurile care vin de la alt nivel (decît în anumite cazuri). Numărul de fluxuri prin care se evacuează un anumit număr de persoane, se determină cu relația:

$$F = \frac{N}{C}, \qquad (13.1)$$

unde: F este numărul de fluxuri rezultat;

N — numărul de persoane care trebuie să treacă prin calea de evacuare, stabilit pe baza partiului de arhitectură și a suprafeței aferente unei persoane;

C — capacitatea de evacuare a unui flux, definită ca numărul total de persoane care se evacuează prin fluxul respectiv, pe toată durata operației de evacuare. Numărul de fluxuri rezultat se rotunjește la numărul întreg imediat superior.

În prescripțiile tehnice se dau o serie de indicații privind capacitatea de evacuare a unui flux, cazurile de suprapunere a fluxurilor de la alte niveluri, lățimea scărilor în funcție de numărul de fluxuri și lățimile minime constructive, numărul de trepte maxim și minim al unei rampe, lățimea minimă a podestelor, înălțimile de siguranță pentru parapete etc., care trebuie respectate la întocmirea proiectelor.

Înălțimea liberă pe căile de evacuare va fi de cel puțin 2,00 m la scările principale și de 1,90 m la scările care conduc în podul sau subsolul clădirii (fig. 13.4). La clădiri monumentale, înălțimea liberă se va stabili după caz, din condiții estetice.

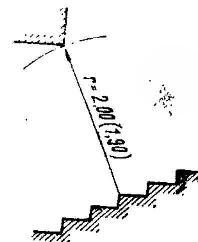


Fig. 13.4. Înălțimea liberă la rampe.

13.3.2. DIMENSIUNILE TREPTELOR ȘI CONTRATREPTELOR

Alegerea dimensiunilor optime ale treptelor și contratreptelor este influențată de anatomia și ecologia umană și se face astfel încît circulația pe rampe să se desfășoare în condiții normale, impuse de mărimea pasului. Totodată, aceste dimensiuni determină panta rampei, element important al confortului circulației.

S-a constatat că pentru a urca comod o scară, între lățimea treptei, b și înălțimea contratreptei, h trebuie să existe relația:

$$2h + b = 62 \ldots 64 \text{ cm}, \qquad (13.2)$$

(formula pașilor sau relația lui R o n d e l e t).

La clădirile destinate copiilor, relația devine:

$$2h + b = 58 \ldots 60 \text{ cm}. \qquad (13.3)$$

Pentru a nu fi obositoare, la scările principale se recomandă o contratreaptă de 15 ... 17 cm, rezultînd o treaptă de 34 ... 28 cm, corespunzătoare pentru a oferi o călcătură sigură, cu întreaga talpă a piciorului.

Cunoscînd înălțimea contratreptei, h, numărul de trepte necesar, n între două cote de nivel cu diferența ΔH va fi:

$$n = \frac{\Delta H}{h}, \; (n = \text{număr întreg}). \qquad (13.4)$$

Profilul treptei se proiectează cu rol decorativ, avînd, totodată și un rol funcțional, de mărire a lățimii treptei (fig. 13.5.)

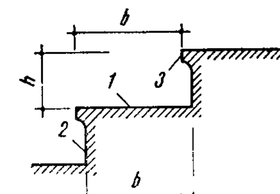


Fig. 13.5. Profilul treptei: 1 – treaptă; 2 – contratreaptă; 3 – clubuc.

13.3.3. AMPLASAREA SCĂRILOR

Amplasarea scărilor se face în contextul general al rezolvării circulaţiei în clădire, ele trebuie amplasate în apropierea intrării şi la locurile de intersecţie a spaţiilor destinate circulaţiei pe orizontală; la clădirile etajate, scările sînt amplasate, în general, într-o încăpere denumită *casa scării*.

13.4. CLASIFICAREA SCĂRILOR

Scările se clasifică după mai multe criterii.

După funcţiunea ce o au de îndeplinit, scările pot fi:
— exterioare, asigură accesul din exterior în clădire;
— interioare, asigură accesul între nivelurile clădirii;
— de incendiu, asigură accesul la interior sau exterior, la diferite niveluri sau pe acoperiş, în caz de incendiu.

După soluţia funcţională, arhitecturală şi constructivă (destinaţie), scările se clasifică în:
— scări monumentale, din holurile clădirilor pentru spectacole sau cele care deservesc intrarea principală în clădiri. Sînt scări largi, au finisaje deosebite şi balustrade ornamentate;
— scări principale, deservesc fluxul principal de circulaţie şi sînt amplasate lîngă intrarea principală;
— scări secundare, amplasate lîngă intrarea secundară, au o funcţiune auxiliară (de exemplu, pentru aprovizionare, evacuare gunoi); ele pot deservi şi subsolul.

După forma în plan (fig. 13.6), se deosebesc:
— scări cu una sau mai multe rampe drepte, continue sau întoarse;
— scări cu trepte balansate;
— scări cu rampe curbe, continue sau cu podeste intermediare.

După înălţimea contratreptelor, scările se împart în:
— scări cu trepte joase, avînd $h \leqslant 16{,}5$ cm;

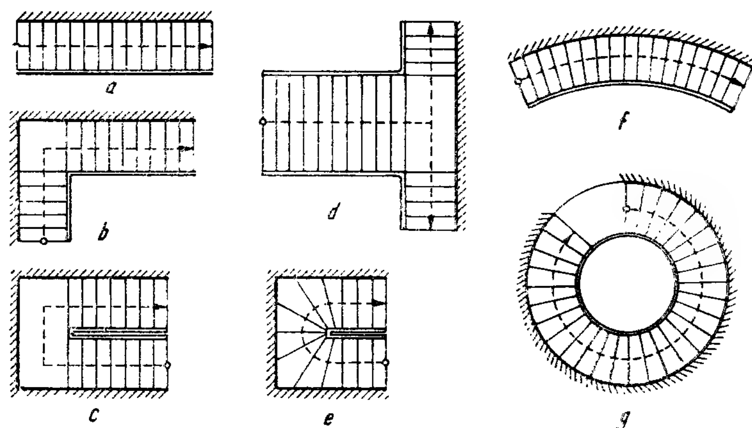


Fig. 13.6. Forme în plan ale scărilor:
a — cu o rampă dreaptă; *b* — cu două rampe perpendiculare; *c* — cu două rampe paralele; *d* — cu trei rampe perpendiculare; *e* — cu trepte balansate; *f* — cu rampă curbă; *g* — cu rampă circulară.

— scări cu trepte mijlocii, avînd $16{,}6 < h \leqslant 17{,}5$ cm;
— scări cu trepte înalte avînd $17{,}6 < h \leqslant 22{,}5$ cm.

După materialul utilizat la realizarea lor, scările pot fi:
— din piatră naturală;
— din lemn;
— din metal;
— din beton armat turnat monolit sau din elemente prefabricate de beton armat.

După schema statică, se deosebesc:
— scări din elemente liniare (bare);
— scări din elemente de suprafaţă (plăci);
— scări spaţiale.

După modul de comportare la foc, scările pot fi: rezistente la foc, semirezistente la foc, semicombustibile sau inflamabile.

13.5. ELEMENTE DE STATICA SCĂRILOR

13.5.1. ÎNCĂRCĂRI

Asupra scărilor acţionează încărcări permanente din greutatea proprie a scărilor şi încărcări provenite din procesul de exploatare (utile) date de circulaţia oamenilor, de utilaje şi diferite obiecte a căror greutate acţionează pe durata transportului pe scări.

Încărcările permanente la scări, în N/m², se stabilesc în funcţie de greutatea elementelor de rezistenţă a rampelor şi podestelor, a straturilor de umplutură şi de finisajele adoptate. Pentru simplificarea calculelor, încărcarea uniform distribuită pe m² de suprafaţă înclinată a rampelor se poate reduce la o încărcare uniform distribuită pe m² de suprafaţă orizontală (fig. 13.7, *a*, *b*, *c*).

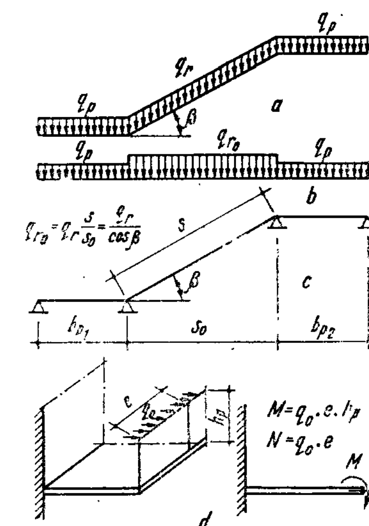


Fig. 13.7. Scheme de încărcare a scărilor:
a — schema încărcărilor permanente uniform distribuite pe lungimea rampei şi a podestelor; *b* — schema încărcărilor permanente distribuite pe linia de referinţă orizontală a rampei; *c* — schema statică de principiu a scărilor; *d* — schema încărcărilor utile uniform distribuite pe lungimea balustradei.

Încărcările utile date în STAS 10 101/2 A1—75 ţin cont de posibilitatea aglomeraţiilor, reprezentînd valori maxime normate în condiţii de exploatare. Aceste încărcări au aceeaşi valoare pentru podeste şi rampe, fiind diferite după destinaţia clădirii, astfel: pentru scările din locuinţe, valoarea încărcării utile este de 3 000 N/m² iar pentru scările din clădiri administrative, ştiinţifice, culturale, sportive încărcarea utilă este de 4 000 N/m².

Uneori, în special în cazul scărilor cu trepte din elemente independente sau lipsite de contratrepte de solidarizare, scările se verifică şi la o încărcare utilă concentrată, pe direcţia verticală, aplicată în poziţia cea mai defavorabilă, a cărei valoare este de 1 500 N în cazul scărilor de serviciu destinate persoanelor izolate, scărilor din clădirile de locuit şi din instituţiile administrative sau ştiinţifice, unde nu există

posibilitatea unor aglomerări mari de oameni şi de 2 000 N în cazurile cînd se pot produce aglomerări mari de oameni.

Balustradele rampelor şi podestelor sînt supuse unor încărcări verticale sau orizontale, considerate ca uniform distribuite liniar, N/m şi aplicate pe mîna curentă (acţiunea orizontală a încărcărilor nu se consideră simultan cu cea verticală). Pentru balustrada scărilor din locuinţe se indică o încărcare de 500 N/m, valoare ce ajunge la 1 000 N/m şi 1 500 N/m, în cazul balustradelor de scări pentru instituţii administrative, ştiinţifice (birouri, săli de lectură, de proiectare şi de învăţămînt etc.), respectiv pentru sălile de spectacole, de sport sau sălile de adunări cu scaune mobile. Încărcările orizontale aplicate pe mîna curentă a balustradei acţionează asupra rampei, dînd naştere la un moment încovoietor şi o forţă orizontală în punctul de încastrare a balustradei în rampă (fig. 13, 7, *d*).

13.5.2. FORME STRUCTURALE DE SCĂRI

Structura de rezistenţă a unei scări este constituită din ansamblul rigid şi stabil al elementelor sale componente. Structura scărilor este legată din punct de vedere mecanic cu elementele portante învecinate ale structurii de rezistenţă a clădirii (pereţi, stîlpi, planşee etc.).

13.5.2.1. **Scări din elemente liniare.** Sînt caracterizate prin faptul că rampele sînt formate din trepte independente, în sens longitudinal neexistînd legături nici între trepte, nici între trepte şi podest. Podestele sînt alcătuite din elemente liniare alăturate sau din elemente plane simplu rezemate.

În funcţie de modul de rezemare al treptelor, se disting :
— scări cu trepte simplu rezemate ;
— scări cu trepte în consolă simplă ;
— scări cu trepte în consolă dublă.

Scările cu trepte simplu rezemate au treptele independente, simplu rezemate pe pereţii portanţi (fig. 13.8, *h*), pe un perete portant şi o grindă-vang (fig. 13.8, *a, c, d, i*) sau pe două grinzi-vang (fig. 13.8, *b, j, k*). Grinzile-vang sînt rezemate sau încastrate la capete în pereţi portanţi din zidărie, în diafragme de beton armat (fig. 13.8, *e, g*), în stîlpi sau pot rezema pe grinzi-podest (fig. 13.8, *f, g*).

Treptele pot să fie din beton armat sau din piatră naturală, iar grinzile-vang sînt realizate din beton armat. Aceste tipuri de scări prezintă dezavantajul că grinzile-vang au deschideri mari şi că greutatea proprie a treptelor este destul de ridicată, ceea ce conduce la dezvoltarea unor momente încovoietoare mari în grinzile-vang.

La scările cu două grinzi-vang, treptele, grinzile-vang şi eventual şi grinzile-podest pot fi realizate din beton armat monolit, elemente prefabricate din beton armat, lemn sau metal.

În cazul în care rampa este turnată din beton armat monolit, ea va fi o placă înclinată care lucrează după direcţia scurtă iar treptele nu se pot considera elemente independente, ceea ce are avantaje la preluarea încărcărilor concentrate.

Scările cu trepte în consolă simplă (fig. 13.9) au trepte independente din beton armat monolit, elemente prefabricate din beton armat, metal sau piatră naturală, care asigură preluarea încărcărilor prin încastrarea într-un perete portant de zidărie (cu sau fără centură) sau într-o diafragmă din beton armat. Se pot realiza şi rampe în consolă de beton armat monolit ; în acest caz treptele nu se pot considera independente.

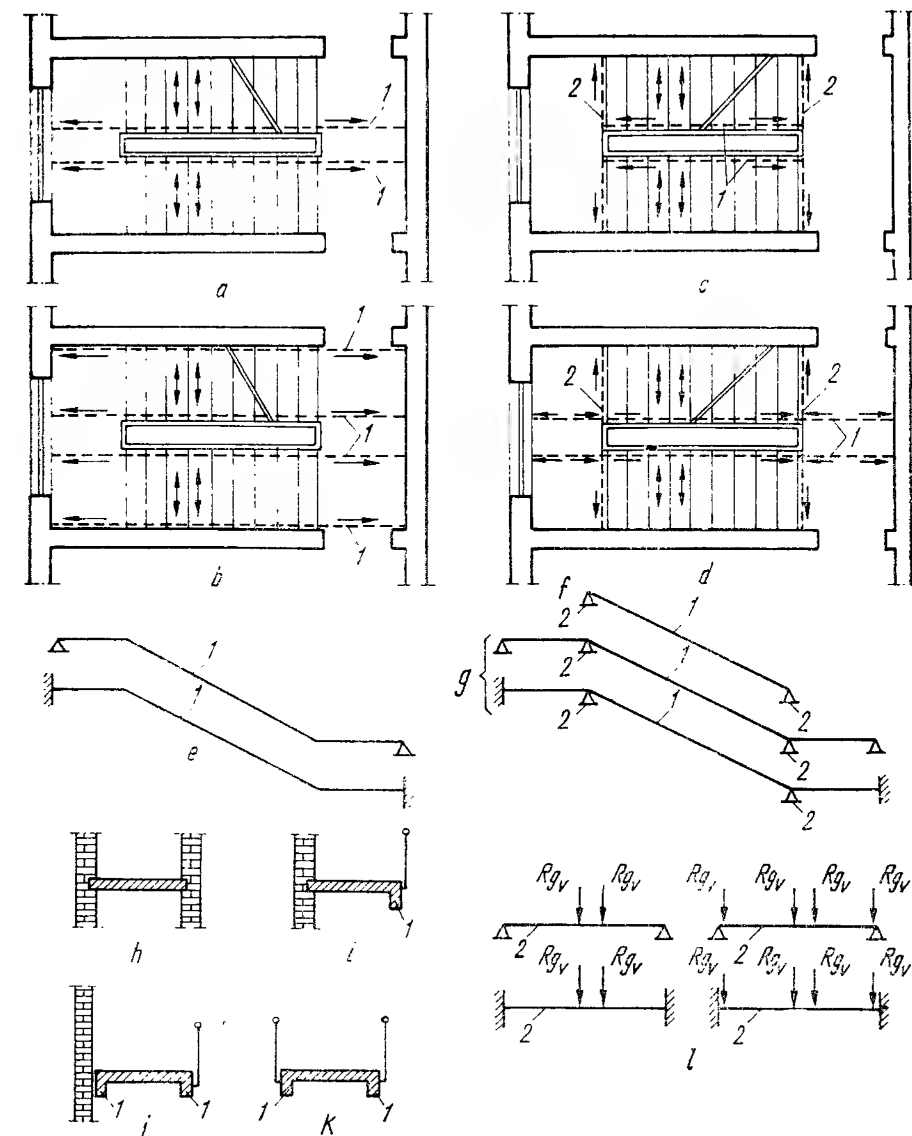


Fig. 13.8. Scări cu trepte simplu rezemate :

a — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară şi pe perete portant ; *b* — cu trepte rezemate pe două grinzi-vang ; *c* — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară şi pe perete portant, grinda-vang reazemă pe grinzi-podest ; *d* — cu trepte rezemate pe grindă-vang interioară şi pe perete-portant, grinda-vang reazemă pe grinzi-podest şi pe pereţi portanţi ; *e* — schema de calcul a unei grinzi-vang care reazemă sau este încastrată în pereţii portanţi ; *f* — schema statică a unei grinzi-vang care reazemă pe grinzi-podest ; *g* — schema statică a unei grinzi-vang care reazemă pe grinzi-podest şi este simplu rezemată sau încastrată în pereţi portanţi ; *h* — secţiune printr-o rampă care reazemă pe pereţi portanţi ; *i* — secţiune printr-o rampă care reazemă pe un perete portant şi pe o grindă-vang interioară ; *j* ; *k* — secţiuni printr-o rampă care reazemă pe două grinzi-vang ; *l* — scheme de încărcare a grinzilor-podest cu reacţiunile din grinzile-vang ; *1* — grinzi-vang ; *2* — grinzi-podest.

Scările cu trepte în consolă dublă (fig. 13.10) sînt alcătuite dintr-o grindă din beton armat, amplasată pe mijlocul rampei şi din trepte independente din beton armat, metal sau piatră naturală, încastrate în grinda centrală. Treptele cu consolă dublă, avînd deschiderea de calcul mai mică decît cele cu consolă

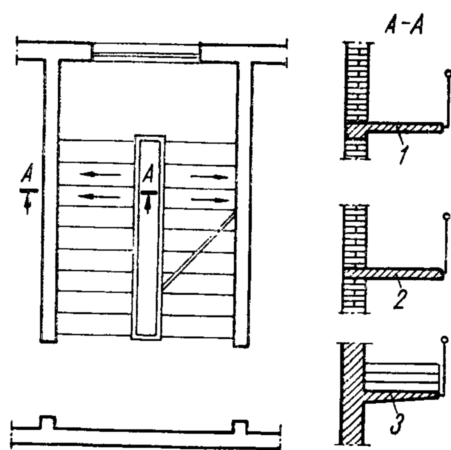


Fig. 13.9. Scară cu trepte în consolă simplă :
1 — trepte independente încastrate în centura de beton armat ; 2 — trepte independente încastrate în zidărie ; 3 — rampă din beton armat monolit încastrată în diafragmă de beton.

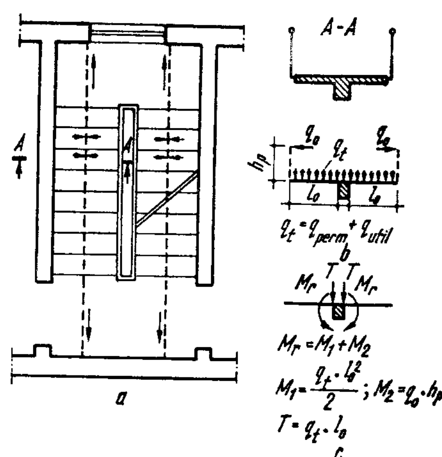


Fig. 13.10. Scară cu grindă frîntă pe mijlocul rampei și cu trepte în consolă dublă :
a — plan ; b — schema de încărcare a treptelor ; c — solicitările treptei la încastrarea în grinda-vang.

simplă, sînt supuse la eforturi mai mici. Momentul încovoietor la încastrarea treptei este :

$$M_r = M_1 + M_2, \tag{13.5}$$

unde M_1 este momentul produs de încărcările gravitaționale uniform distribuite sau concentrate, care acționează pe trepte, în Nm, iar M_2 — momentul produs de încărcarea orizontală care acționează pe balustradă, în Nm.

În cazul încărcării simetrice a treptelor, grinda amplasată central va fi supusă numai la încovoiere, iar în cazul încărcării nesimetrice, grinda va fi supusă și la solicitări de torsiune. Pentru reducerea deschiderii grinzii centrale se pot prevedea grinzi-podest interioare care reazemă pe pereți (v. fig. 13.8, *c*, *d*).

Dezavantajul principal al treptelor din elemente liniare îl constituie faptul că transmiterea încărcărilor se face succesiv (în trepte) la toate elementele de rezistență ale scării ; astfel, se observă în figura 13.11, *a* că încărcările permanente și utile acționează pe trepte care le transmit la grinda-vang ce se descarcă pe grinzile de podest sau direct pe pereții portanți ; grinzile de podest își transmit reacțiunile la pereții portanți. În acest caz, nu există o conlucrare plană sau spațială între elementele structurii de rezistență a scării. Un mod rațional de transmitere a încărcărilor se realizează la scările cu conlucrare plană sau spațială (fig. 13. 11, *b*).

Totuși, și la scările din elemente liniare, există cazuri de conlucrare plană, de exemplu, conlucrarea grinzii-vang cu grinda-podest în nodul de intersecție (fig. 13. 12), în care reacțiunea R va avea sensul, în funcție de rigiditățile reciproce ale celor două grinzi (ρ_{g_p} și ρ_{g_v}).

13.5.2.2. **Scări din elemente liniare și de suprafață.** În această categorie intră scările cu grinzi de podest, fără grinzi-vang, cînd plăcile de rampă reazemă numai pe grinzile-podest și lucrează după direcția lungă. Podestele reazemă pe patru laturi, pe trei laturi din care două scurte pe pereți și una lungă pe grinda-podest sau pe cele două laturi lungi (fig. 13. 13).

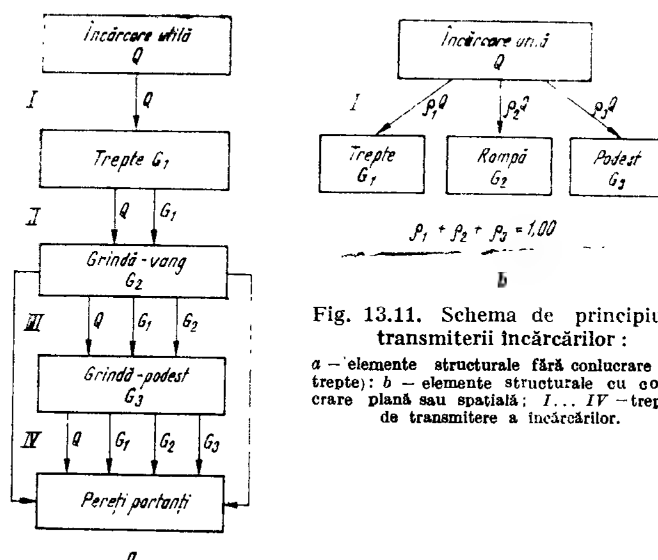


Fig. 13.11. Schema de principiu a transmiterii încărcărilor :
a — elemente structurale fără conlucrare (în trepte) : b — elemente structurale cu conlucrare plană sau spațială ; I ... IV — treptele de transmitere a încărcărilor.

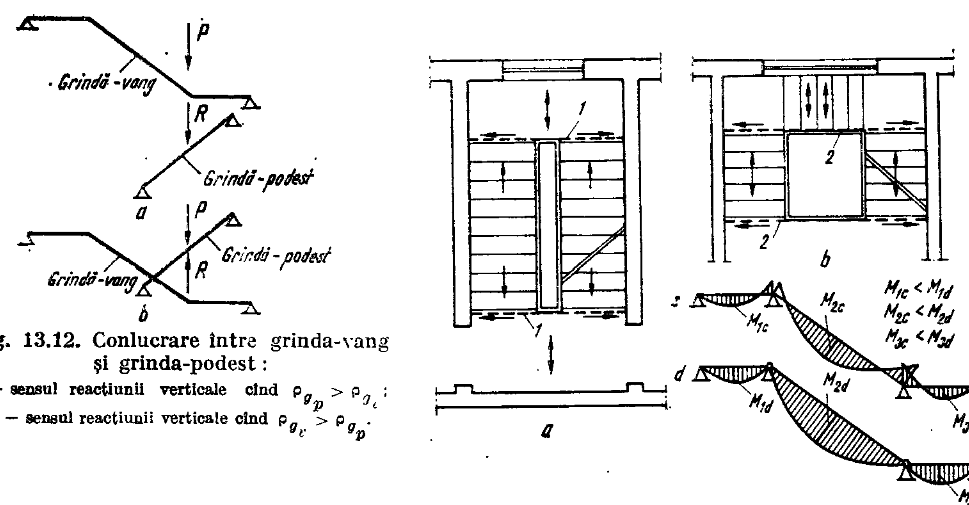


Fig. 13.12. Conlucrare între grinda-vang și grinda-podest :
a — sensul reacțiunii verticale cînd $\rho_{g_p} > \rho_{g_v}$;
b — sensul reacțiunii verticale cînd $\rho_{g_v} > \rho_{g_p}$.

Fig. 13.13. Scări din elemente liniare și de suprafață :
a — scară cu două rampe ; b — scară cu trei rampe ; c — diagrama de momente în cazul continuității rampă-podest ; d — diagrama de momente cînd rampa este simplu rezemată pe podeste ; 1 — grindă-podest ; 2 — grindă frîntă cu rol de grindă-podest și grindă-vang.

Grinda-podest constituie elementul liniar, iar rampa și podestele constituie elementele de suprafață. Rampa și podestele vor avea conlucrare plană numai în situația în care, la îmbinarea lor, se asigură continuitatea în vederea preluării momentului încovoietor care conduce la micșorarea momentelor încovoietoare din cîmpuri (fig. 13. 13, *c*).

Aceste scări se realizează din beton armat monolit sau din elemente prefabricate de beton armat. În cazul scărilor prefabricate continuitatea rampei cu podestul se ia în considerare numai dacă îmbinarea lor este capabilă să preia moment încovoietor.

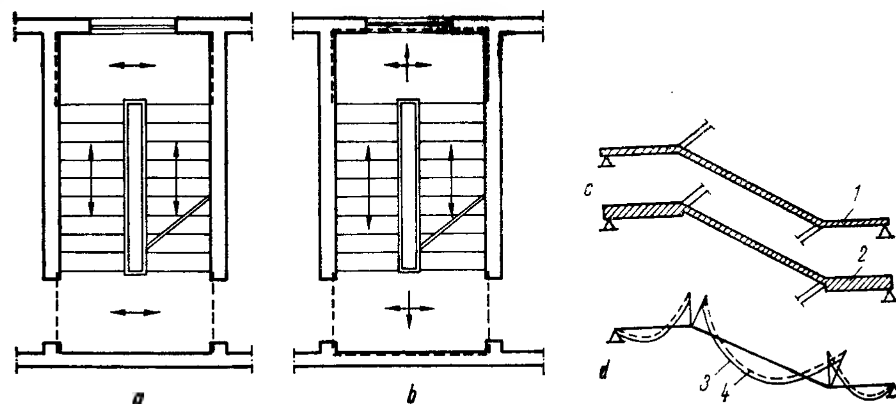


Fig. 13.14. Scări din elemente de suprafață:
a — cu podeste rezemate pe două laturi; *b* — cu podeste rezemate pe trei laturi; *c* — schema statică a scărilor; *d* — diagrama de momente încovoietoare pe rampă și podeste; *1* — podest cu grosimea plăcii egală cu a rampei; *2* — podest dală-groasă; *3* — valorile momentelor încovoietoare pentru podeste cu grosime normală; *4* — valorile momentelor încovoietoare pentru podeste-dală groasă.

13.5.2.3. **Scări din elemente de suprafață.** Sînt alcătuite numai din rampe și podeste, lipsind grinzile-vang și grinzile-podest (fig. 13.14). Podestele reazemă pe două sau pe trei laturi și se recomandă să aibă continuitate cu plăcile de planșeu, iar rampele conlucrează cu podestele neavînd legătură mecanică cu pereții.

Se menționează faptul că apariția betonului armat a făcut posibilă dezvoltarea concepției inginerești și realizarea structurilor de scări cu conlucrare plană, a plăcilor armate cruciș a rețelelor de grinzi din beton armat dispuse pe două direcții etc. ceea ce constituie un salt calitativ în tehnica construcțiilor.

Rampele și podestele pot avea aceeași grosime sau podestele pot fi mai groase (fig. 13.14, *c*).

Prin mărirea grosimii podestelor se poate schimba alura momentelor încovoietoare, stabilindu-se o grosime optimă; îngroșarea rampei nu este justificată deoarece mărește încărcarea pe porțiunea centrală a deschiderii, ceea ce duce la creșterea momentelor încovoietoare.

13.5.2.4. **Scări cu rampe ortopoligonale.** Sînt avantajoase prin faptul că înseși treptele și contratreptele, prin continuitatea lor, constituie elementul de rezistență — rampa (fig. 13.15); s-a reușit astfel realizarea unei concordanțe perfecte între forma structurală și cea funcțională. Spre deosebire de tipurile precedente de scări la care elementul de rezistență al rampei este placa cu intradosul plan, la scările cu rampe ortopoligonale intradosul are aceeași formă cu extradosul rampei în trepte.

Ca mod general de alcătuire, aceste scări se pot realiza din beton armat, similar cu cele prezentate în figurile 13.13 și 13.14.

Fig. 13.15. Scări cu rampe ortopoligonale:
a — fără grinzi-podest; *b* — cu grinzi-podest.

13.5.2.5. **Scări cu rampe și podeste chesonate.** Au rampele și podestele alcătuite din plăci de formă ortopoligonală de grosime foarte mică, iar pentru mărirea rigidității scării sînt necesare la marginea plăcii nervuri care au și rol de grinzi-vang (fig. 13.16.). Aceste scări se pot executa din beton armat

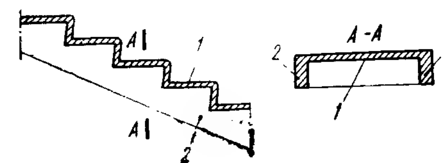


Fig. 13.16. Scară chesonată:
1 — placă frîntă; *2* — nervuri.

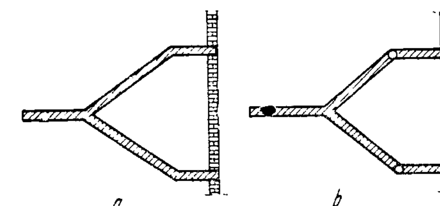
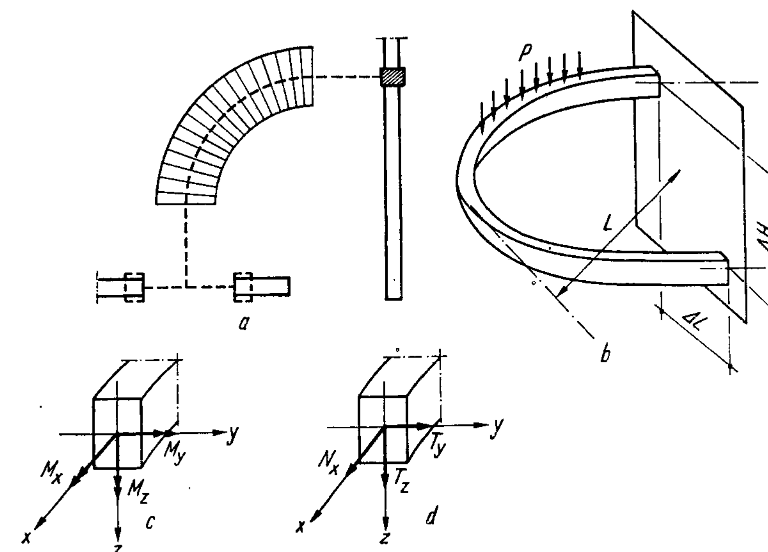


Fig. 13.17. Scări în consolă:
a — cu continuitate între rampă și podestul de nivel; *b* — fără continuitate.

monolit sau din elemente prefabricate de beton armat; conlucrarea dintre rampă și podest depinde de îmbinarea realizată între ele (articulație sau îmbinare de continuitate).

13.5.2.6. **Scări cu rampe și podeste intermediare în consolă.** Sînt scări realizate din beton armat monolit sau din prefabricate de beton armat, la care podestele de nivel sînt rezemate pe două sau pe trei laturi, de cele mai multe ori avînd continuitate cu plăcile de planșeu, iar rampele și podestele intermediare stau în consolă pe podestele de nivel (fig. 13.17). Rampele pot fi încastrate (cu continuitate) sau articulate (fără continuitate) în podestele de nivel. Pentru rezemarea rampelor pe podeste, uneori, se prevăd grinzi de podest. Preluarea încărcărilor se face prin conlucrarea spațială a plăcilor de rampe și de podeste în care se dezvoltă momente încovoietoare pe două direcții, momente de torsiune, forțe axiale și forțe tăietoare.

13.5.2.7. **Scări curbe cu grindă pe mijlocul rampei.** Realizarea unor astfel de scări este posibilă numai în cazurile în care se poate asigura încastrarea capetelor grinzii spațiale de pe mijlocul rampei în pereți din beton armat, în stîlpi liberi sau înglobați în zidărie, în grinzi etc. (fig. 13. 18).



Fig, 13.18. Scară cu grindă curbă pe mijlocul rampei și trepte în consolă dublă:
a — plan; *b* — grinda curbă spațială; *c* — momente încovoietoare secționale în grinda spațială; *d* — eforturi tăietoare și secționale axiale în grinda spațială.

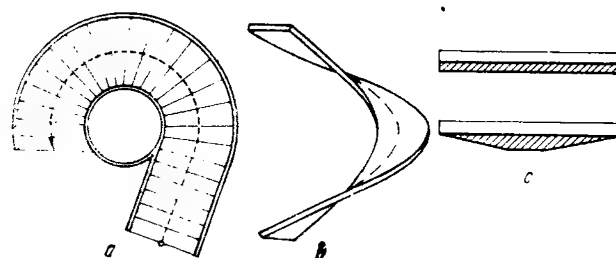


Fig. 13.19. Scară cu rampă elicoidală :
a — plan ; *b* — rampa elicoidală ; *c* — secțiuni prin rampă.

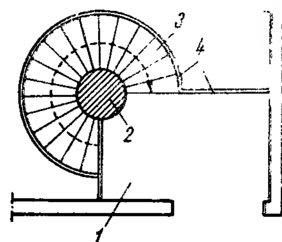


Fig. 13.20. Scară cu pilon central și trepte independente în consolă :
1 — podest de nivel ; *2* — pilon central ; *3* — trepte încastrate în pilonul central ; *4* — balustradă.

Ca mod de transmitere a încărcărilor, se respectă principiul în trepte (v. fig. 13. 11, *a*), însă simplificat prin reducerea numărului de trepte de transmitere și dezvoltîndu-se în același timp în grinda-spațială de pe mijlocul rampei o stare spațială de eforturi prin apariția de momente încovoietoare, M_y și M_z, a unui moment de torsiune, M_x, a forțelor tăietoare (T_y și T_z) și a unei forțe axiale, N_x. Este necesar a se asigura preluarea momentelor din încastrări. Grinda spațială se realizează din beton armat monolit, iar treptele independente din elemente prefabricate de beton armat sau rareori din piatră naturală. Se poate realiza și o rampă continuă din beton armat turnată monolit împreună cu grinda centrală, în care caz placa lucrează în consolă dublă.

13.5.2.8. **Scări cu rampa elicoidală.** Sînt scări din beton armat monolit cu rampa elicoidală care este o suprafață spațială și totodată un element de legătură a podestelor. (fig. 13.19). Rampa și podestele constituie astfel un singur element spațial, adaptat la maximum rolului său funcțional din punctul de vedere al circulației în ansamblu. lipsind grinzile-podest și grinda-vang.

Starea de eforturi spațială este identică cu cea reprezentată în figura 13.18, *c* și *d*, cu deosebirea că în loc să se dezvolte în grindă, se dezvoltă în rampă.

Forma în plan a scărilor poate să fie oarecare (cerc, elipsă, parabolă etc.).

Rampa poate să fie obișnuită cu intradosul plan sau ortopoligonală, în care caz adaptarea structurii la funcțiune se face nu numai în ansamblu, ci și din punctul de vedere al formei treptelor.

13.5.2.9. **Scări cu pilon central și trepte în consolă simplă.** Aceste scări se realizează din elemente prefabricate de beton armat (inclusiv pilonul) sau din metal și sînt alcătuite din trepte independente încastrate în stîlpul (pilonul) central, solicitat de o stare complexă de eforturi (fig. 13.20).

13.5.2.10. **Scări cu trepte suspendate.** Se realizează prin suspendarea de tavan sau de podestul imediat superior a capetelor libere ale treptelor independente în consolă, micșorînd astfel momentul încovoietor de încastrare, ceea ce permite reducerea secțiunii treptei și simplificarea modului de prindere (fig. 13.21). Se poate realiza pentru treptele acestor scări și schema statică de grinzi simplu rezemate. Avînd în vedere posibilitatea de alungire a firelor, în momentul aplicării încărcării, treptele se realizează cu contrasăgeată, a cărei valoare este în funcție de gradul de încastrare la celălalt capăt. Se menționează faptul că s-au realizat scări drepte și curbe cu trepte independente suspendate la ambele capete fără grinzi-vang ; rigiditatea laterală a rampei este asigurată fie cu ajutorul firelor întinse și ancorate între planșeul inferior și cel superior, fie prin realizarea unor legături între trepte, care realizează rigiditatea rampei și comportarea corespunzătoare la acțiunea încărcărilor laterale.

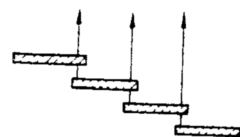


Fig. 13.21. Suspendarea capetelor libere ale treptelor cu tiranți.

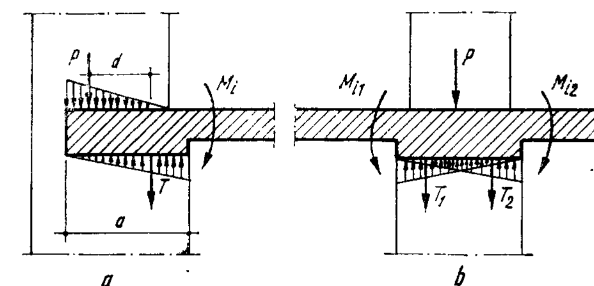


Fig. 13.22. Încastrarea grinzilor și plăcilor în zidărie :
a — reazem de capăt ; *b* — reazem intermediar.

Trebuie subliniat faptul că stabilirea formei structurale a unei scări se determină din considerente funcționale și estetice, în funcție de partiul de arhitectură și de poziția elementelor de rezistență ale clădirii.

În general, forțele axiale de compresiune care se dezvoltă în unele elemente ale scărilor, cum ar fi în rampe, în grinzile-vang sau în grinzile curbe spațiale, au valori relativ mici în comparație cu dimensiunile rezultate din calculul de rezistență la încovoiere, stabilitatea elementelor scării fiind asigurată. Totuși ea merită analizată la structurile de scări care prin forma lor sau prin tipurile de legături pot pune probleme de stabilitate.

În afară de legăturile reciproce, elementele componente ale scărilor au o serie de legături mecanice cu celelalte elemente structurale ale clădirii : cu pereții casei scării, cu stîlpi sau cu planșee. Aceste legături se realizează, de obicei, prin intermediul grinzilor-podest, podestelor, grinzilor-vang sau grinzilor de pe mijlocul rampelor. Realizarea unor legături de tipul articulațiilor sau încastrărilor este în funcție de materialele folosite atît la scări cît și la structura clădirii.

Îmbinările dintre elementele din beton armat monolit ale scării cu elementele verticale tot din beton armat monolit (sau din beton simplu) ale structurii se pot realiza încastrat datorită existenței armăturilor de continuitate, dimensionate din calculul de rezistență, gradul de încastrare determinîndu-se cu ajutorul rigidităților la încovoiere ale elementelor concurente.

În cazul elementelor prefabricate, îmbinările se fac, de obicei, prin simplă rezemare și prin sudarea unor armături dispuse constructiv.

În cazul rezemării pe pereții portanți din zidărie, gradul de încastrare depinde de mărimea relativă a încărcărilor P și T (fig. 13.22), precum și a momentelor $M_s = Pd$ (momentul de stabilitate dat de încărcarea P) și M_i (momentul de încastrare al grinzii-podest, grinzii-vang, grinzii de pe mijlocul rampei sau plăcii de podest). Pe măsură ce încărcarea P și momentul M_s sînt mai mari în raport cu T și M_i, crește gradul de încastrare. În cazul trecerii continue peste reazem, încastrarea este dată de prezența armăturilor la partea superioară a secțiunii de beton. Stabilirea locurilor de aplicare a încărcărilor P și T se face în funcție de modul de rezemare al elementelor pe perete.

13.6. CASA SCĂRII

S-a arătat că amplasarea scărilor se face în funcție de gruparea unităților funcționale și de rezolvarea generală a circulației într-o clădire.

Din considerente funcționale și de rezistență, la clădirile etajate se urmărește ca scările să fie plasate pe aceleași axe verticale ale clădirii, ceea ce face posibilă delimitarea, prin pereți verticali continui, a casei scării.

În funcţie de poziţia sa în plan, casa scării poate fi amplasată în interiorul clădirii (la clădiri cu sîmbure central, la blocuri de locuinţe etc.), la margine (blocuri de garsoniere, cămine studenţeşti, hoteluri) sau în exteriorul clădirii propriu-zise (cămine, instituţii administrative, cabane).

Avînd în vedere că în caz de incendiu scările trebuie să asigure evacuarea persoanelor şi a bunurilor materiale, este necesar ca pereţii casei scărilor, rampele şi podestele să prezinte o rezistenţă suficientă la foc, în funcţie de importanţa clădirii şi de regulă mai mare decît a clădirii respective.

În legătură cu alcătuirea şi amplasarea casei scărilor, se recomandă :

— evitarea formării tirajului de aer în casa scării, pentru a limita propagarea incendiului pe verticală (fig. 13.23) ;

— fiecare scară să aibă acces pe planşeul terasă, pentru a se asigura ieşirea în caz de blocare a uneia din scări prin utilizarea scării secundare neblocate sau a scării exterioare de incendiu ;

— dimensionarea funcţională a scărilor pentru evacuare în caz de pericol, fără a conta pe ascensoare.

Realizarea casei scării implică şi unele probleme legate de rezistenţa de ansamblu a clădirii, printre care se menţionează :

— întreruperea continuităţii planşeelor în dreptul casei scării, fiind necesar a se analiza în ce măsură acest lucru afectează continuitatea şi rigiditatea planşeelor în plan orizontal ;

— la clădirile cu pereţi portanţi din zidărie, pentru a îmbunătăţi comportarea mai slabă din cauza întreruperii planşeelor şi centurilor, se recomandă prevederea unor stîlpişori (sîmburi) înglobaţi în zidărie şi centuri puternice pe conturul golului casei scării (fig. 13.24).

— rigiditatea casei scării poate contribui la rigiditatea generală a clădirii, de aceea, în cazurile în care scările sînt amplasate nesimetric, se va considera influenţa casei scării asupra poziţiei centrului de rigiditate al clădirii.

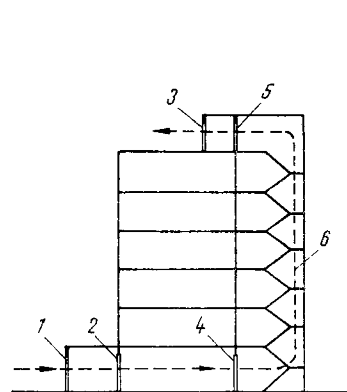


Fig. 13.23. Întreruperea căilor de propagare directă a flăcărilor şi a fumului prin tiraj în casa scărilor la clădiri înalte :

1 ; 2 ; 3 — pereţi cu uşi normale ; 4 ;5 — pereţi cu uşi batante ; 6 — tiraj de aer.

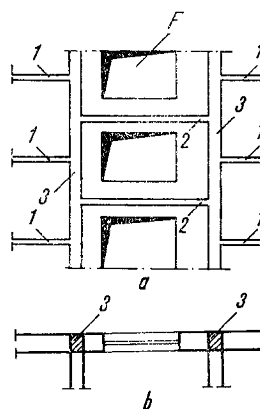


Fig. 13.24. Întreruperea centurilor în dreptul casei scărilor :

a — vedere ; b — plan ; 1 — centuri normale la nivelul planşeelor ; 2 — centuri scurte la nivelul podestelor intermediare ; 3 — stîlpi (sîmburi) din beton armat ; F — fereastră la casa scării.

13.7. DETALII CONSTRUCTIVE ŞI CONSIDERAŢII ECONOMICE PRIVIND PROIECTAREA SCĂRILOR

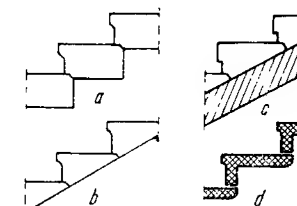


Fig. 13.25. Scări cu trepte independente :

a ; b — trepte masive din piatră naturală simplu rezemate la capete ; c — trepte masive din beton sau piatră naturală simplu rezemate pe o grindă centrală sau pe placă de rampă din beton armat ; d — trepte independente din elemente prefabricate de beton armat.

Detaliile structurale se referă la legăturile mecanice dintre elementele componente ale scărilor sau dintre elementele scării şi elementele de rezistenţă ale clădirii şi au drept scop de a realiza integritatea mecanică a structurii scărilor, aşa cum ea a fost concepută. Detaliile constructive care nu privesc siguranţa mecanică a structurii scărilor, denumite şi detalii de finisaj, asigură buna funcţionare, confortul şi estetica scărilor.

13.7.1. SCĂRI CU TREPTE INDEPENDENTE DIN BETON ŞI PIATRĂ NATURALĂ

Din cauza rezistenţei mici la întindere a acestor materiale, secţiunea transversală a treptelor este dezvoltată, rezultînd trepte masive (fig. 13.25, a, b). Prin prelucrare în cazul pietrei naturale, respectiv prin turnare în cazul betonului, se pot realiza diverse forme de secţiuni, în scopul reducerii greutăţii treptelor, a creării unor forme plăcute dar cu moment de inerţie mare pentru a rezista la solicitările exterioare. Treptele se consideră simplu rezemate la capete. În cazul realizării lor din beton armat, secţiunea se poate reduce mult, permiţînd alcătuirea scărilor fără contratrepte, cu trepte simplu rezemate sau în consolă simplă sau dublă.

13.7.2. SCĂRI DIN LEMN

La executarea scărilor din lemn se recomandă folosirea lemnului de esenţă tare cu rezistenţe mecanice mari. Scările din lemn se pot realiza cu sau fără contratrepte (fig. 13.26). Rezemarea grinzilor-vang pe grinzile-podest se face printr-o îmbinare în prag drept, iar asamblarea se face cu buloane. Pentru o solidarizare bună între trepte şi vanguri se poate adopta îmbinarea în coadă de rîndunică, iar vangurile se strîng cu ajutorul unor tiranţi. În scopul realizării unui intrados plan, se pot fixa de trepte şipci, peste care se aplică tencuială pe trestie.

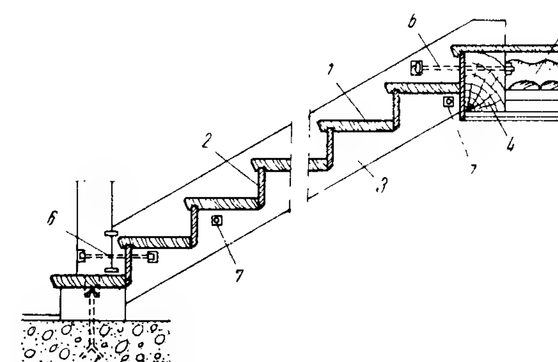


Fig. 13.26. Scară din lemn :

1 — treaptă 2 — contratreaptă ; 3 — vang ; 4 — grindă-podest ; 5 — subansamblu planşeu ; 6 — buloane de prindere ; 7 — tiranţi.

13.7.3. SCĂRI METALICE

Scările metalice folosite, în special, la construcţiile industriale, se pot realiza cu sau fără contratrepte (fig. 13.27). Pentru unele

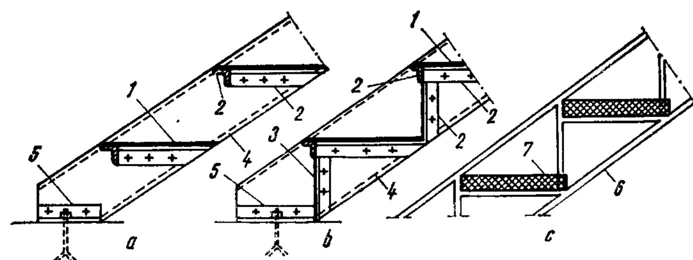


Fig. 13.27. Scări metalice:
a – fără contratrepte, cu treptele realizate din tablă striată; *b* – cu contratrepte din tablă obișnuită și trepte din tablă striată; *c* – cu vang din țevi galvanizate și trepte prefabricate din beton armat; *1* – treaptă din tablă striată; *2* – corniere 35 × 35 × 5 sau 40 × 40 × 5; *3* – tablă obișnuită de 1...2 mm grosime; *4* – grindă-vang din oțel laminat; *5* – corniere pentru fixarea grinzilor-vang; *6* – vang din țevi galvanizate sub formă de fermă; *7* – trepte prefabricate din beton armat sau din lemn.

clădiri civile (cum sînt cele social-culturale) se folosesc scări din elemente metalice galvanizate (în special grinzile-vang) cu trepte din elemente prefabricate din beton armat, lemn etc.

13.7.4. SCĂRI DIN BETON ARMAT

Scările din beton armat monolit sau din prefabricate de beton armat sînt în prezent cel mai des folosite.

Scările din beton armat monolit (fig. 13.28) se realizează în cazul execuției structurii clădirii din beton armat monolit sau din zidărie și prezintă avantajul că se poate asigura continuitate între elemente prin intermediul armăturilor, ceea ce permite obținerea conlucrării plane sau spațiale.

Scările din elemente prefabricate de beton armat prezintă o serie de avantaje tehnico-economice privind: posibilitatea de realizare a celor mai diverse forme, creșterea productivității muncii și a gradului de finisare etc. Se folosesc, în special, la clădiri tipizate de locuit cu structura de rezistență din prefabricate de beton armat (construcții cu pereți și planșee din panouri mari, cu planșee prefabricate etc.). Practica a confirmat că în prezent scările prefabricate cu rampele și podestele independente (fig. 13.29) sînt deosebit de avantajoase, căci deși se dublează numărul de manipulări, se simplifică mult operațiile de fixare și realizare a îmbinărilor.

Folosirea scărilor din piatră naturală sau din lemn este condiționată de cerințe arhitecturale și de folosirea materialelor locale. Realizarea unor scări din metal inoxidabil și cu trepte din beton armat, lemn etc., cu forme variate și suple și lipsite de contratrepte permite crearea unor efecte estetice plăcute, în special, în cazul holurilor clădirilor publice. Ele se folosesc numai acolo unde realizarea lor este justificată, căci sînt, în general, mai scumpe.

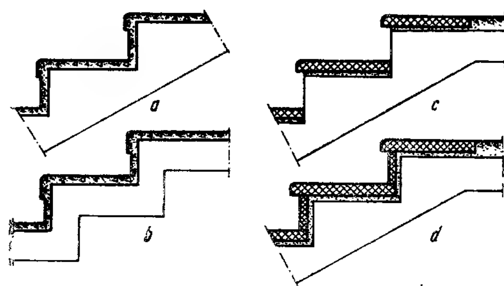


Fig. 13.28. Scări din beton armat monolit:
a – cu placă de rampă și finisaj din mozaic turnat; *b* – cu rampă ortopoligonală și cu finisaj din mozaic turnat; *c* – cu placă de rampă și trepte finisate cu plăci prefabricate din mozaic; *d* – cu placă de rampă și cu trepte și contratrepte finisate cu plăci prefabricate din mozaic.

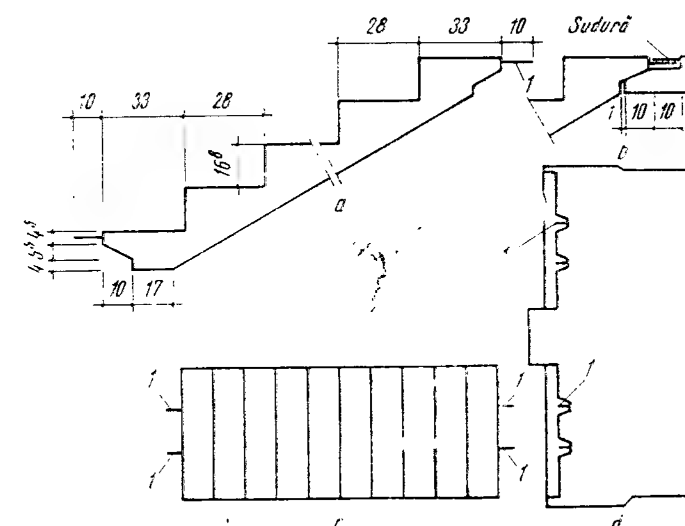


Fig. 13.29. Scară prefabricată din panouri mari:
a – secțiune prin rampă; *b* – detaliu îmbinare rampă-podest; *c* – panou mare pentru rampa scării; *d* – panou mare pentru podest; *1* – mustăți de legătură.

Capitolul 14

ACOPERIȘURI

14.1. FUNCȚIUNILE ȘI PĂRȚILE COMPONENTE ALE ACOPERIȘURILOR

Funcțiunea principală a acoperișului și a părții sale superioare, denumită *învelitoare*, este de a proteja clădirea împotriva acțiunii agenților climatici: vînt, ploaie, zăpadă, grindină și variații de temperatură. Acoperișul poate fi conceput și pentru a asigura suprafețe utile situate peste învelitoare (terasă amenajată ca punct gospodăresc, solar, grădină, restaurant) sau dedesubtul acesteia (mansardă, pod folosibil).

Acoperișurile trebuie să satisfacă cerințe de rezistență la acțiuni mecanice, de izolare termică, hidrofugă și acustică, de rezistență la foc, durabilitate, economicitate și estetică (fig. 14.1). Alcătuirea acoperișurilor se stabilește în raport cu aceste funcțiuni ținînd seama de compartimentarea clădirii, de structura ei de rezistență precum și de condițiile generale ce trebuie asigurate în încăperile ultimului nivel.

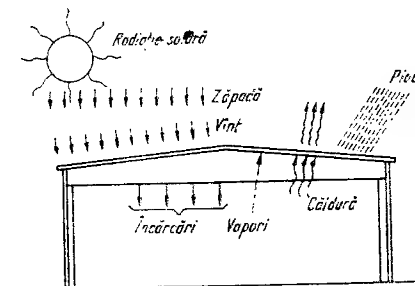


Fig. 14.1. Funcțiunile acoperișului.

În componența acoperișurilor se pot distinge, de cele mai multe ori, următoarele părți principale, diferențiate prin funcțiuni :

— structura de rezistență ;

— straturi de izolare termică, pentru asigurarea pantei, bariere contra vaporilor etc. ;

— învelitoarea și lucrările anexe (dispozitive de colectare a apelor, de aerisire, ornamente etc.).

Acoperișul se dimensionează la acțiunea încărcărilor, la transmisia căldurii și la difuzia vaporilor de apă și se proiectează în vederea satisfacerii tuturor cerințelor necesare, cu respectarea criteriilor de protecție la incendiu.

14.2. CLASIFICAREA ACOPERIȘURILOR. TIPURI DE ACOPERIȘURI

Pentru clasificarea acoperișurilor se pot adopta diverse criterii : panta folosită, forma acoperișului, comportarea higrotermică, tipul de șarpantă sau de învelitoare etc.

În funcție de panta lor, acoperișurile pot fi :

— *înclinate*, cu pantă mare (21 ...150%) sau cu pantă medie (8...20%) ;

— *plate* (terase), necirculabile cu pante 2...7% sau circulabile cu pante 1,5...4%.

Pantele acoperișurilor (tab. 14.1) trebuie să corespundă cu tipul de învelitoare pentru a face posibilă scurgerea apelor fără a exista riscuri de infiltrații. La pante mici sînt necesare învelitori continue, etanșe, iar la pante mari, pe lîngă învelitori continue pot fi utilizate învelitori discontinue, cu rosturi neetanșe (țiglă, olane, plăci de azbociment etc.).

Formele acoperișurilor sînt extrem de variate, în concordanță cu condițiile impuse de factorii climatici, specificul zonei de amplasare, materialele utilizate, posibilitățile de rezolvare statică etc. (fig. 14.2).

În funcție de forma adoptată, se disting :

— *acoperișuri cu suprafețe plane*, înclinate (versanți sau ape), rezolvate astfel încît să favorizeze scurgerea apelor meteorice. Intersecțiile versanților formează coame, dolii și creste, a căror poziție se determină grafic prin construcția bisectoarelor unghiurilor proiecției orizontale a acoperișului (fig. 14.3, *a*). La forme complicate se delimitează mai întîi un corp principal al acoperișului pe lîngă

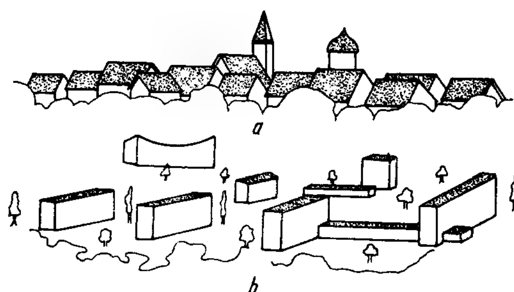


Fig. 14.2. Aspectul acoperișurilor în orașe : *a* — în zone cu clădiri vechi ; *b* — în zone cu clădiri noi.

Tabelul 14.1

Nr. crt.	Materiale și mod de alcătuire	Pante, cm/m		
		minime	uzuale	maxime
1.	*Carton bitumat:*			
	a. fixat în cuie direct sau cu șipci pe astereală : — 1 strat	20	25...45	vertical
	— 2 straturi lipite între ele	10	15...25	30
	b. straturi succesive de carton sau pînză bitumată pe suport rigid : — la terase circulabile	1,5	2...3	4
	— alte acoperișuri	2	3	vertical
2.	*Țigle din argilă arsă:*			
	a. solzi : — așezate simplu	60	70...90	275
	— așezate dublu	45	55...70	275
	b. profilate : — trase	45	55...70	120
	— presate	35	45...70	120
3.	*Olane:*	25	30...50	70
4.	*Ardezie:*	35	45...70	vertical
5.	*Azbociment plăci:*			
	— un strat	45	55...70	vertical
	— două straturi	55	45...70	vertical
6.	*Azbociment ondulat:*	25	30...50	vertical
7.	*Tablă:*			
	— cu falțuri duble	7	15...40	vertical
	— cu falțuri orizontale simple și verticale duble	15	30...50	vertical
8.	*Tablă ondulată, foi mari:*	15	15...40	vertical
9.	*Sticlă:*			
	— montată cu chit	30	70	vertical
	— montată în suporturi speciale(garnituri de etanșare)	15	25	vertical
10	*Șindrilă, siță (draniță):*			
	— două straturi	60	70	vertical
	— trei straturi	50	60	vertical
11	*Paie, stuf*	60	80...120	275

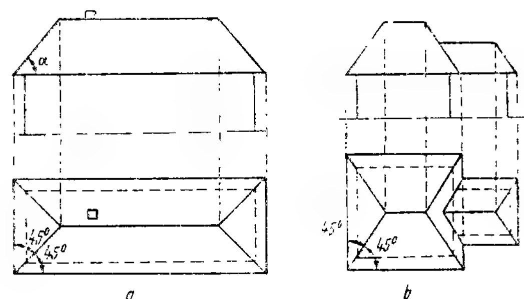


Fig. 14.3. Trasarea coamelor şi doliilor la acoperişuri înclinate cu feţe plane :
a – clădire cu un singur corp ; b – clădire cu corp anexă.

care se ataşează apoi cele secundare (fig. 14.3, b). Pentru acoperişuri plate (terase) împărţirea suprafeţei în planuri înclinate se face în raport cu poziţiile gurilor de scurgere, care pot fi dispuse pe conturul exterior (scurgeri exterioare) (fig. 14.4, a...f) sau spre zona de mijloc a acoperişului (scurgeri interioare, fig. 14.4, g, h) ;

— *acoperişuri cu suprafeţe curbe*, sferice (fig. 14.5), cilindrice (fig. 14.6) sau cu dublă curbură (fig. 14.7) ;

— *acoperişuri tip şed* la care geamurile sînt orientate spre nord, direcţie în care se obţine în tot timpul zilei o lumină uniformă (v. fig. 14.7, a şi fig. 14.8). Sînt utilizate la anumite tipuri de hale industriale, la expoziţii, ateliere de creaţie etc. ;

— *acoperişuri cu luminatoare*, folosite la clădiri cu deschideri mari unde i uminarea naturală nu poate fi asigurată prin ferestre (fig. 14.9).

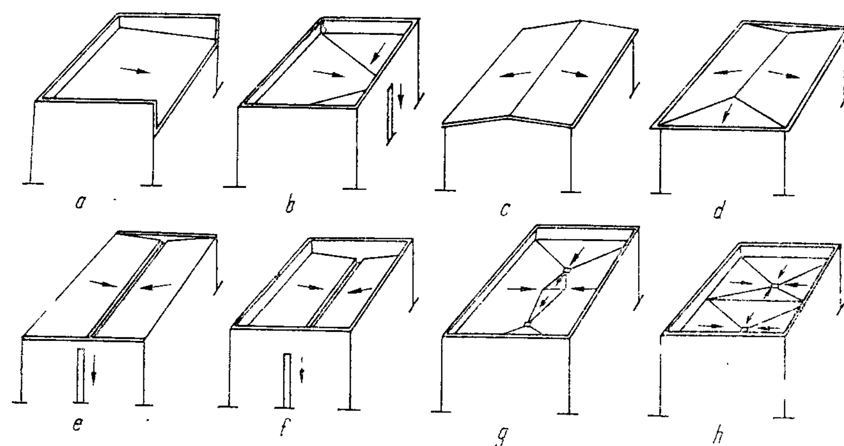


Fig. 14.4. Acoperişuri terasă :
a...f – cu scurgere exterioară ; g ; h – cu scurgere interioară.

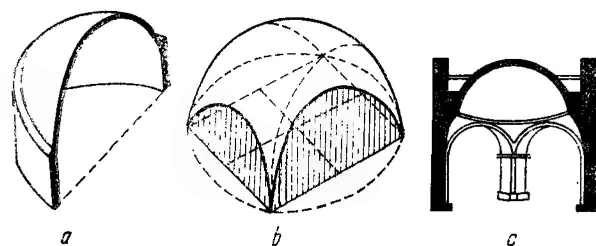


Fig. 14.5. Acoperişuri în formă de cupolă sferică :
a – cupolă simplă ; b – cupolă cu timpane ; c – cupolă bizantină.

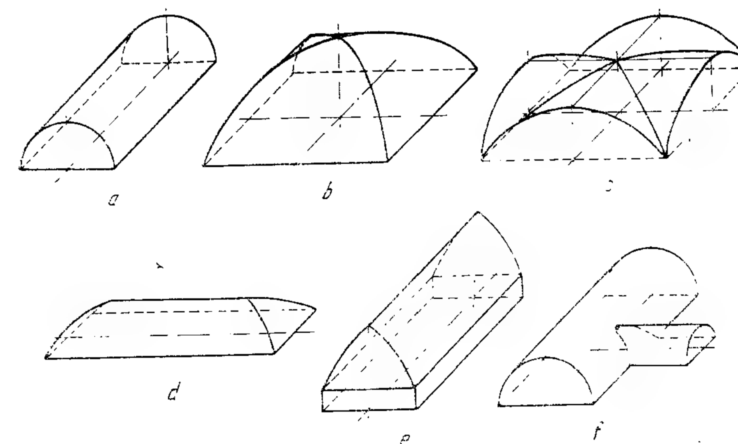


Fig. 14.6. Acoperişuri în formă de boltă :
a – cilindrică ; b – mănăstirească ; c – romană ; d – gotică ; e – în leagăn ; f – cu lunetă.

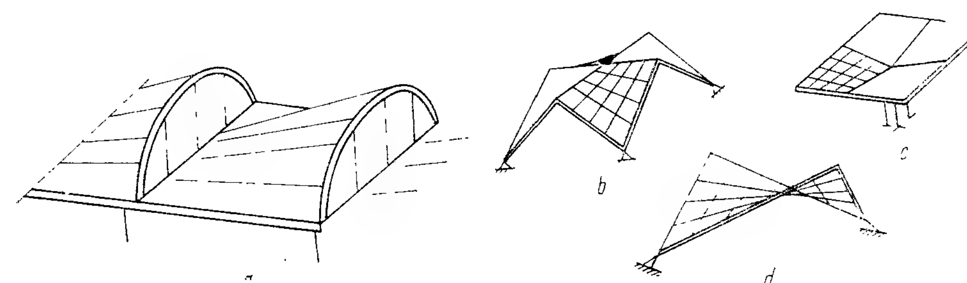


Fig. 14.7. Acoperişuri realizate din suprafeţe cu dublă curbură :
a – şed în formă de conoizi ; b ; c ; d – paraboloizi hiperbolici.

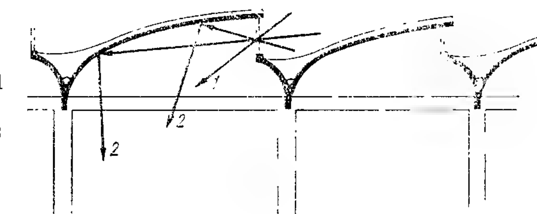


Fig. 14.8. Acoperiş tip şed (secţiune longitudinală) :
1 – rază de lumină incidentă ; 2 – rază reflectată.

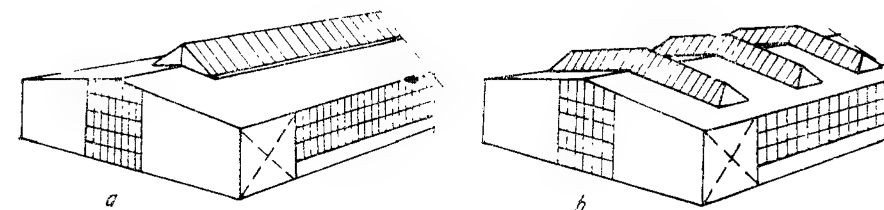


Fig. 14.9. Acoperişuri cu luminatoare dispuse :
a – longitudinal ; b – transversal.

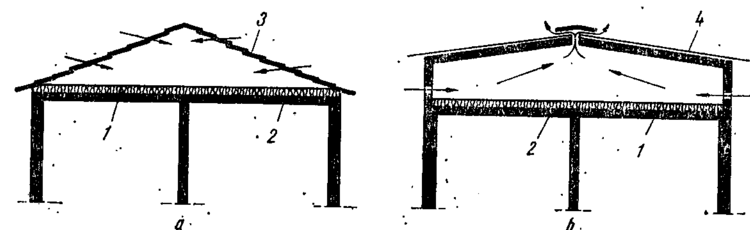


Fig. 14.10. Acoperișuri reci :

a — cu învelitoare permeabilă și pod utilizabil ; *b* — cu pod vizitabil ventilat activ ; *1* — izolație termică ; *2* — planșeu ; *3* — învelitoare din țiglă ; *4* — învelitoare bituminoasă.

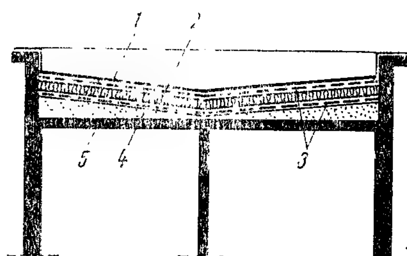


Fig. 14.11. Acoperiș cald neventilat :

1 — izolație hidrofugă ; *2* — izolație termică ; *3* — bariere de vapori ; *4* — beton de pantă ; *5* — planșeu.

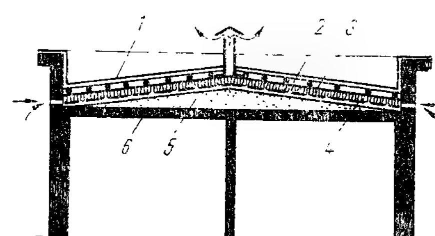


Fig. 14.12. Acoperiș cald ventilat :

1 — izolație hidrofugă continuă ; *2* — rețea de canale de aerisire ; *3* — izolație termică ; *4* — barieră de vapori ; *5* — beton de pantă ; *6* — planșeu.

Din punctul de vedere al comportării higrotermice, în literatura tehnică se deosebesc :

— *acoperișuri reci*, la care între straturile de izolație termică și izolație hidrofugă există un spațiu ventilat denumit *pod* (fig. 14.10) sau care sînt realizate cu învelitoare discontinuă permeabilă la aer ;

— *acoperișuri calde* (fig. 14.11) la care izolația hidrofugă face corp comun cu straturile inferioare ale acoperișului ce îndeplinesc celelalte funcțiuni (izolare termică, pantă etc.). Unele acoperișuri calde, denumite *respirante* sau *ventilate* cuprind o rețea de canale de aerare prin care straturile de sub învelitoare sînt în legătură cu atmosfera exterioară (fig. 14.12).

Potrivit STAS 6472/5—73 acoperișurile pot fi monostrat sau cu strat dublu, ventilate sau neventilate. Acoperișurile reci, ventilate intens, se comportă din punct de vedere higrotermic mai bine decît acoperișurile calde, neventilate sau slab ventilate.

14.3. STRUCTURI DE REZISTENȚĂ LA ACOPERIȘURI

Structura de rezistență este o parte importantă a acoperișului, ce se alege în funcție de deschiderea între reazeme, încărcările preluate și panta învelitorii, rezolvările statice urmărind obținerea unor indici tehnico-economici avantajoși. Evoluția structurilor de rezistență ale acoperișurilor în decursul timpului a fost influențată de materialele disponibile, de stadiul cunoștințelor de mecanica construcțiilor și de perfecționarea proceselor tehnologice.

Din punctul de vedere al structurilor de rezistență și al materialelor utilizate, se deosebesc următoarele sisteme constructive principale :

— *structuri masive* de zidărie ;

— *structuri cu bare* (șarpante din lemn, metal, beton armat, beton precomprimat etc.) ;

— *structuri spațiale autoportante* din beton armat, beton precomprimat ;

— *structuri suspendate pe cabluri*, caracterizate prin greutate mică.

14.3.1. STRUCTURI MASIVE DIN ZIDĂRIE

În Egiptul antic, acoperișurile se executau din lespezi mari de piatră cu deschideri mici care necesitau mulți stîlpi interiori (fig. 14.13). Stabilitatea acestor structuri era asigurată de greutatea proprie mare și de frecarea dintre blocuri. În Grecia antică, acoperișurile se realizau din grinzi de lemn (fig. 14.14), cu învelitori din plăci de marmură sau ceramică. Romanii au utilizat sisteme evoluate sub formă de bolți simple, bolți încrucișate și cupole din zidărie, acoperișul Panteonului din Roma reprezentînd o performanță extraordinară (fig. 14.15). Constructorii din Bizanț au reușit să perfecționeze, în continuare, sistemele de acoperire din zidărie : cupola centrală a fost rezemată pe arce, în loc de ziduri pline, iar împingerile laterale au fost echilibrate de semicupole mai joase, dispuse pe contur (fig. 14.16). Catedralele romane și apoi cele gotice au reprezentat modalități noi de rezolvare a problemei statice a acoperișului, cu ajutorul arcelor cilindrice (stil roman) sau în formă de ogivă (stil gotic) echilibrate lateral de contraforți (fig. 14.17). Acoperișurile cu structură masivă din zidărie nu se mai utilizează dar se întîlnesc la repararea clădirilor vechi.

14.3.2. ȘARPANTE DIN LEMN ȘI METAL

Față de sistemele masive, șarpantele se caracterizează prin greutate mică, consecință a faptului că sînt realizate din bare subțiri, în general articulate, care lucrează numai la eforturi axiale. Barele se execută din lemn sau din metal, materiale cu caracteristici favorabile de rezistență la solicitări de întindere și compresiune, care se pot prelucra convenabil și care se pretează la diverse modalități de îmbinare în noduri.

În alcătuirea unei șarpante se pot distinge, de regulă, următoarele elemente principale :

— *astereala*, care constituie suportul direct al învelitorii, executată din scînduri negeluite, plăci de lemn aglomerat sau din șipci. Se dimensionează la încărcă-

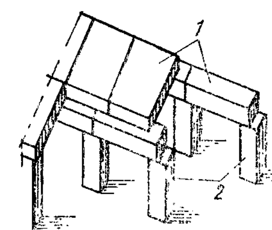


Fig. 14.13. Templu egiptean cu acoperiș masiv de piatră :

1 — lespezi de piatră pentru acoperiș ; *2* — stîlpi interiori.

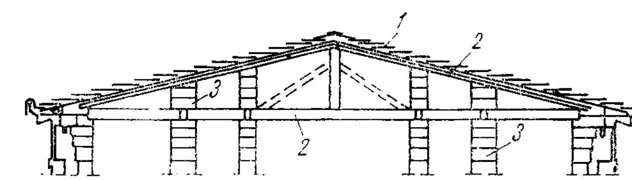
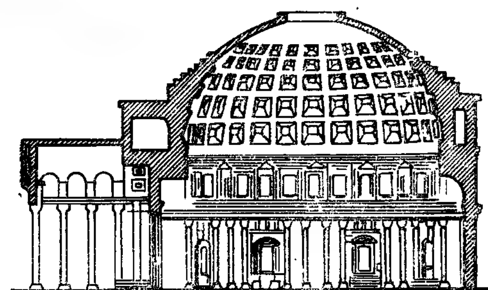


Fig. 14.14. Templu grec (secțiune transversală prin acoperiș) :

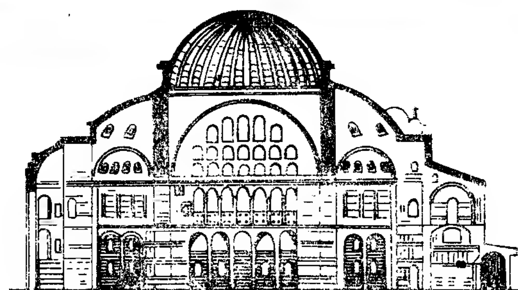
1 — învelitoare din țiglă ; *2* — grinzi de lemn ; *3* — stîlpi sau ziduri din blocuri de piatră.



a

b

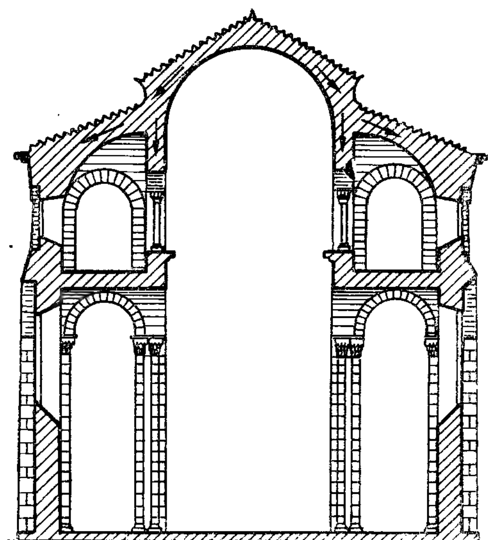
Fig. 14.15. Panteonul din Roma (cupolă din zidărie, rezemată pe pereţi masivi cu nişe ce reduc, din loc în loc, grosimea pereţilor) :
a – secţiune; *b* – plan.



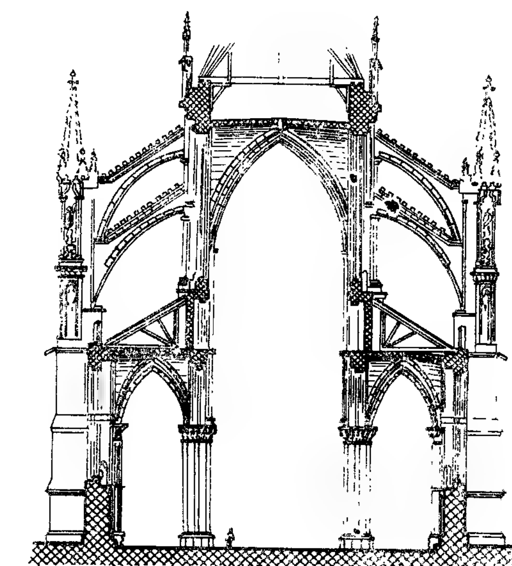
a

b

Fig. 14.16. Biserica Sf. Sofia din Constantinopol (construcţia iniţială) ;
a – secţiune; *b* – plan.



a



b

Fig. 14.17. Construcţii de catedrale :
a – romană; *b* – gotică.

rile permanente din greutatea proprie şi a învelitorii şi la cele temporare rezultate din vînt, zăpadă şi circulaţia pentru întreţinerea învelitorii ;

— *căpriorii*, ce constituie suportul direct al asterealei, dispuşi după linia de cea mai mare pantă a învelitorii, rezemaţi pe pane sau pe pereţi ;

— *panele*, care constituie suportul pentru căpriori şi se dispun paralel cu streaşina, rezemate pe ferme, grinzi transversale, popi sau pe pereţi ;

— *fermele*, care sînt elemente de rezistenţă principale ale acoperişului, alcătuite din bare articulate, dispuse astfel încît să formeze o reţea plană sau tridimensională de contururi nedeformabile ; fermele susţin întreaga şarpantă şi transmit ansamblul încărcărilor la punctele de rezemare ;

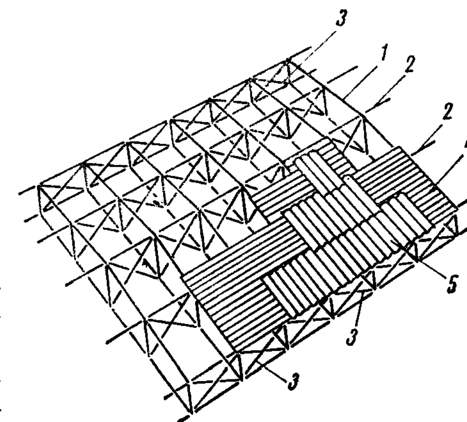


Fig. 14.18. Şarpantă cu contravîntuiri (schemă simplificată) :
1 – fermă; *2* – pane înglobate în sistemul de contravîntuiri; *3* – diagonale; *4* – astereală; *5* – învelitoare.

— *contravîntuirile*, sisteme de legături care solidarizează ansamblul elementelor şarpantei asigurînd reducerea lungimii de flambaj a elementelor comprimate (talpa superioară a fermelor, diagonalelor etc.) şi stabilitatea transversală a elementelor de rezistenţă la acţiunea vîntului. Contravîntuirile se dispun în lungul construcţiei, în plan vertical şi sub învelitoare. Prin efectul lor, întreaga şarpantă conlucrează ca un sistem spaţial (fig. 14.18).

În trecut, lemnul se considera ca materialul cel mai indicat pentru realizarea şarpantelor la clădirile civile obişnuite. Deşi sistemele constructive au fost perfecţionate, totuşi lemnul nu se mai întrebuinţează decît în mod excepţional, deoarece este un material combustibil, se valorifică superior în industrie, este expus putrezirii etc.

Şarpantele din lemn se întîlnesc în practică la lucrările de reparaţii, trebuind să fie minuţios verificate, ignifugate şi eventual consolidate, deoarece reprezintă un fond valoros. La verificare se observă dacă au apărut semne de putrezire şi de rupere locală a elementelor de rezistenţă, dacă deformaţiile şarpantei sub încărcările maxime depăşesc limitele admise etc. Cu acest prilej trebuie identificată funcţiunea fiecărui element al structurii, ţinînd seama că fermele ce compun şarpantele din lemn aparţin unuia din următoarele tipuri principale :

— *ferme-grinzi cu zăbrele* (fig. 14.19), care pot fi din lemn rotund, din lemn ecarisat sau din dulapi, cu îmbinări chertate solidarizate cu buloane şi scoabe sau cu îmbinări în cuie ; uneori aceste ferme pot avea piesele întinse executate din oţel :

— *ferme pe scaune* (fig. 14.20), executate cînd există posibilitatea de rezemare directă a şarpantei la distanţe mici, cu reazeme intermediare, pe un planşeu sau pe pereţi portanţi ; acestea nu lucrează ca grinzi cu zăbrele.

Şarpantele din metal sînt indicate mai ales la clădirile cu destinaţii speciale (auditorii, săli de sport etc.) unde sînt necesare deschideri mari şi un acoperiş uşor fără a se recurge la suprafeţe autoportante.

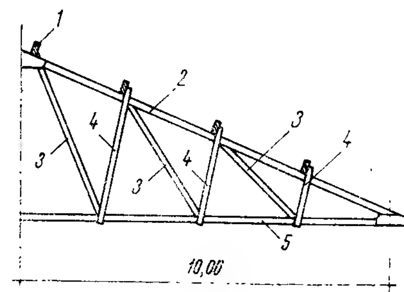


Fig. 14.19. Grindă cu zăbrele din dulapi de lemn solidarizaţi cu cuie:
1 – pană; 2 – talpă superioară; 3 – diagonală; 4 – montant; 5 – talpă inferioară.

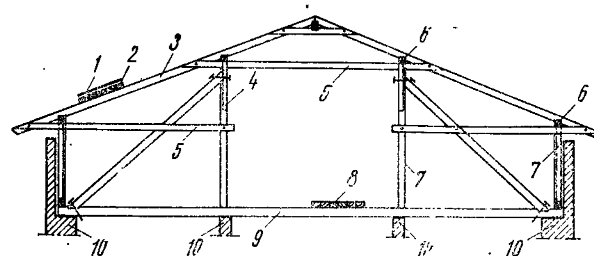


Fig. 14.20. Şarpantă de lemn pe scaune:
1 – învelitoare; 2 – astereală; 3 – căpriori; 4 – contrafişe; 5 – cleşti; 6 – pane; 7 – popi; 8 – podină; 9 – talpă; 10 – puncte de rezemare.

14.3.3. STRUCTURI SPAŢIALE AUTOPORTANTE ŞI STRUCTURI SUSPENDATE

Dezvoltarea structurilor de rezistenţă la acoperişuri a marcat progrese mari prin folosirea betonului armat şi a betonului precomprimat sub formă de plăci subţiri curbe (v. fig. 14.6 şi 14.7). Secţiunile acestor structuri care au o rigiditate în ansamblul lor foarte mare sînt solicitate, în general, numai la eforturi axiale de compresiune. Caracteristică pentru acest mod de rezolvare este clădirea Circului de stat din Bucureşti.

O altă modalitate de acoperire a deschiderilor mari o constituie acoperişurile suspendate pe cabluri de oţel (fig. 14.21 şi 14.22). Prin acoperiş suspendat se înţelege o reţea de cabluri solicitată la întindere, care îndeplineşte concomitent funcţiunile de element portant şi de formă spaţială. La astfel de structuri, efectul de flambaj nu intervine deoarece solicitările de compresiune sînt evitate, situaţie avantajoasă căci materialele existente în prezent sub formă de fire sau cabluri au rezistenţe la întindere foarte mari. În condiţiile actuale, acoperirea unor deschideri considerabile (hangare, stadioane, săli de spectacol) se face economic numai cu sisteme suspendate. Indicii tehnico-economici care rezultă sînt favorabili, deoarece încărcarea permanentă încetează de a mai fi acţiunea preponderentă, structura fiind solicitată, în special, la vînt şi la

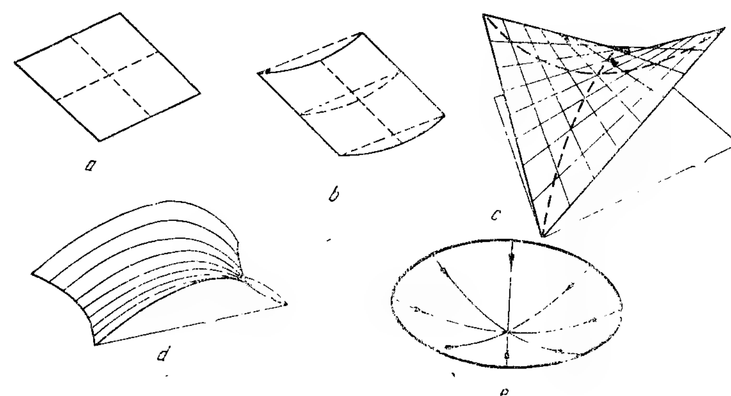


Fig. 14.21. Sisteme de bază la acoperişuri suspendate:
a – pînză plană precomprimată; b – pînză cu simplă curbură; c; d; e – pînze cu dublă curbură.

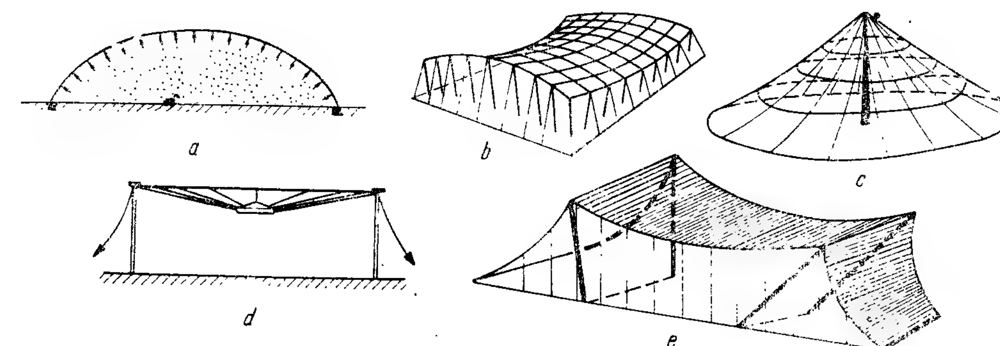


Fig. 14.22. Scheme de principiu pentru săli de mare deschidere cu acoperişuri suspendate pe cabluri:
a – acoperiş membrană (structură pneumatică); b – acoperiş tip şa cu stîlpi ancoraţi; c – acoperiş din beton armat tip cort; d – pînză întinsă sub centură circulară; e – acoperiş suspendat cu pînză precomprimată din beton armat.

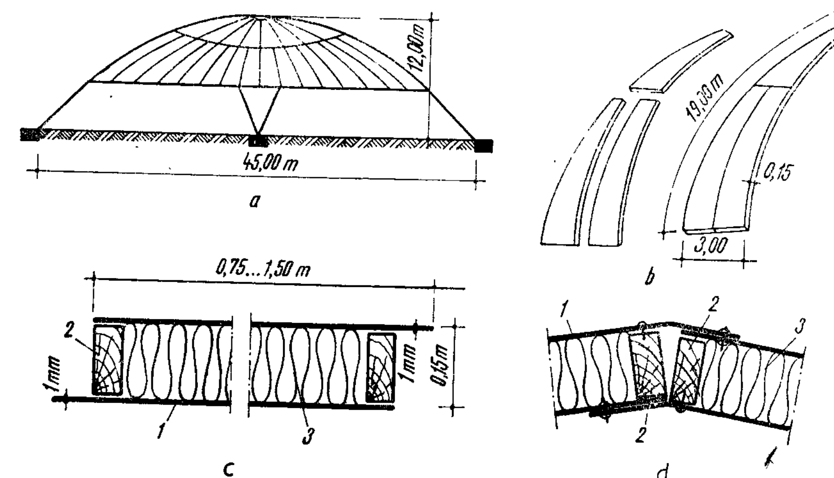


Fig. 14.23. Acoperiş cupolă cu elemente metalice de tip sandviş executat la Hanovra:
a – secţiune transversală; b – elemente metalice sandviş; c – detaliu de element sandviş; d – detaliu de îmbinare a elementelor sandviş; 1 – tablă din oţel inoxidabil; 2 – riglă de lemn; 3 – spumă din mase plastice.

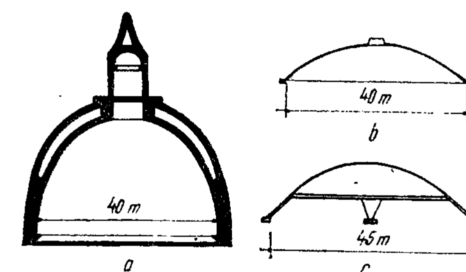


Fig. 14.24. Evoluţia sistemelor de acoperişuri-cupolă, sub aspectul greutăţii proprii:
a – basilica Sf. Petru din Roma, 1585 (greutatea cupolei de zidărie 26 kN/m²); b – atelierele Schott din Jena, 1925 (greutatea cupolei din beton armat 1,5 kN/m²); c – cupolă din elemente sandviş în Hanovra, 1970 (greutatea cupolei, alcătuită conform figurii 14.23 – 0,33 kN/m²).

zăpadă. Reducerea substanţială a greutăţii proprii face ca aceste acoperişuri să fie sensibile la încărcări dinamice din vînt sau cutremure.

Structurile de acoperire din panouri sandviş de tablă cu miez din spumă rigidă de masă plastică (fig. 14.23), reprezintă un alt sistem nou, autoportant.

În figura 14.24 se prezintă evoluţia sistemelor constructive la acoperişurile cupolă, sub aspectul greutăţii proprii.

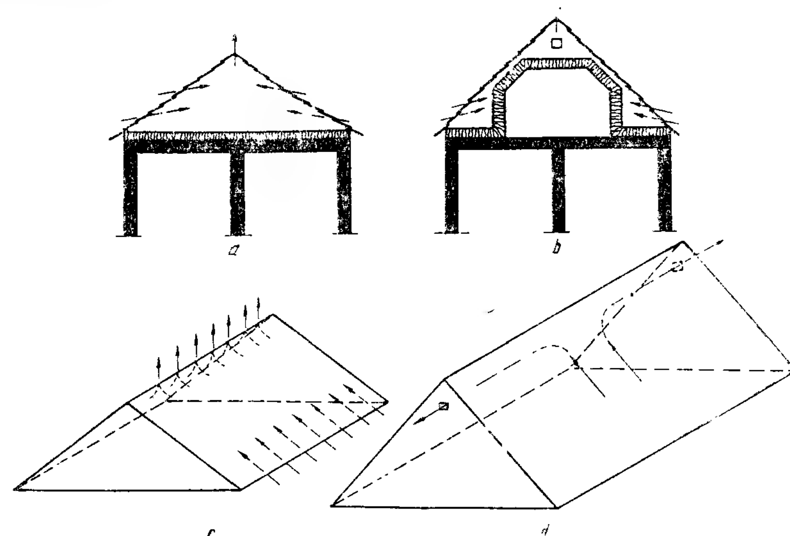


Fig. 14.25. Acoperişuri reci :

a — cu pod circulabil ; *b* — cu pod mansardă ; *c* — schema circulaţiei aerului la acoperişurile cu pod circulabil ; *d* — schema circulaţiei aerului la acoperişurile cu pod mansardă.

14.4. ACOPERIŞURI RECI, VENTILATE

14.4.1. CARACTERISTICI GENERALE

14.4.1.1. **Alcătuirea acoperişurilor reci, ventilate.** Acest gen de acoperişuri (v. fig. 14.10) se caracterizează prin existenţa, între învelitoare şi izolaţia termică, a unui spaţiu intermediar denumit pod, care comunică cu atmosfera sau a unei învelitori discontinue permeabilă la aer. Vîntul şi diferenţele de temperatură determină ventilarea naturală intensă a întregului acoperiş, peste izolaţia termică, ceea ce se reflectă favorabil în comportarea higrotermică a acestuia (fig. 14.25). De regulă, aceste acoperişuri sînt înclinate, cu pantă mare, corespunzînd tipurilor clasice de alcătuire cu învelitori de ţiglă, azbociment, tablă etc. şi cu pod utilizabil în scopuri gospodăreşti. În ultimul timp se realizează şi acoperişuri reci, ventilate care au numai pod tehnic de înălţime redusă, dispus între învelitoare şi izolaţia termică, precum şi fără pod, dar cu învelitoare permeabilă la aer.

În principiu, un asemenea acoperiş se poate reduce la învelitoare, şarpantă şi termoizolaţie (fig. 14.26), dar poate avea în plus o barieră de vapori şi o protecţie a termoizolaţiei. Iarna, temperatura învelitorii este apropiată de cea a aerului din jurul clădirii.

O variantă pentru acest fel de acoperişuri se realizează cu ajutorul unui tavan suspendat termoizolant (fig. 14.27).

14.4.1.2. **Comportarea acoperişurilor reci ventilate.** Ventilarea acoperişului îndeplineşte funcţiuni esenţiale pentru comportarea higrotermică a acestuia, menţinînd acoperişul uscat şi diminuînd efectul de supraîncălzire sub influenţa radiaţiilor solare în timpul verii.

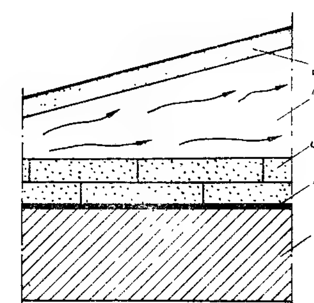


Fig. 14.26. Acoperiş rece cu învelitoare din azbociment ondulat şi izolaţie termică din BCA :

1 — placă de rezistenţă pentru planşeu ; *2* — barieră de vapori ; *3* — termoizolaţie din BCA ; *4* — pod ventilat ; *5* — învelitoare din azbociment ondulat.

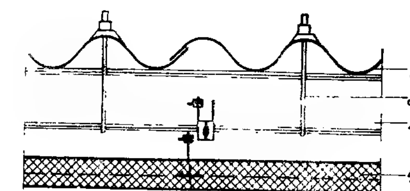


Fig. 14.27. Acoperiş rece cu tavan termoizolant, suspendat :

1 — învelitoare din azbociment ondulat ; *2* — element de rezistenţă al acoperişului realizat din profil U ; *3* — cîrlig pentru prinderea învelitorii ; *4* — termoizolaţie autoportantă din plăci de vată minerală.

14.4.1.2.1. *Regimul de umiditate la acoperişurile reci, ventilate.* Sub influenţa diferenţelor de presiune atmosferică şi de presiune relativă, vaporii de apă migrează de la ultimul nivel al clădirii spre acoperiş în cadrul unui proces complex de filtrare şi difuzie. Ajungînd în zona rece de sub învelitoare şi neavînd posibilitatea de a se răspîndi în atmosferă, vaporii ating presiunea de saturaţie şi condensează, fenomen care se evită prin folosirea unor acoperişuri reci, ventilate. În acest caz, curenţii de aer, care vin din exterior şi se încălzesc în pod cu cîteva grade, antrenează apa sub formă de vapori astfel încît fenomenul de condens poate fi împiedicat.

Podul ventilat prezintă şi avantajul că permite controlul învelitorii astfel că, la infiltraţii accidentale, defecţiunile pot fi imediat localizate şi se pot lua cu uşurinţă măsurile necesare pentru limitarea degradărilor.

Schimbări ale regimului de umiditate a acoperişului s-au remarcat la construcţii existente la care învelitorile permeabile au fost înlocuite cu învelitori impermeabile ; de exemplu, grajdul de animale prezentat în figura 14.28 a devenit necorespunzător ca urmare a înlocuirii învelitorii permeabile din stuf cu învelitoare impermeabilă din carton bitumat. Împiedicarea ventilării acoperişului a condus la apariţia unor puternice fenomene de condens.

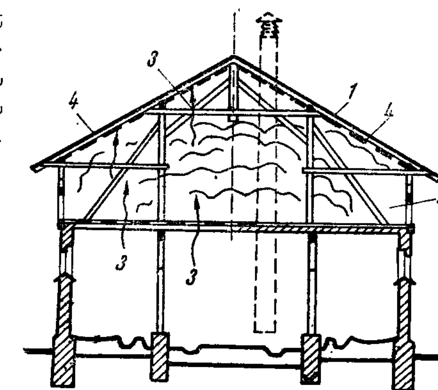


Fig. 14.28. Apariţia fenomenului de condens la un grajd de animale cu pod neventilat şi învelitoare impermeabilă :

1 — învelitoare din carton bitumat ; *2* — pod folosit ca depozit de furaje ; *3* — sensul de migrare al vaporilor de apă ; *4* — suprafaţă de producere a condensului.

14.4.1.2.2. *Regimul de temperatură la acoperişurile reci, ventilate.* Se ştie că suprafeţele expuse radiaţiei solare devin mai calde decît aerul înconjurător, mai ales dacă au o culoare închisă. Datorită acestui fenomen ultimul nivel se supraîncălzeşte, ceea ce dăunează confortului în timp de vară, iar structura de rezistenţă se încarcă cu eforturi mari, care se suprapun peste cele provenite din încărcările verticale şi orizontale. Acest efect este

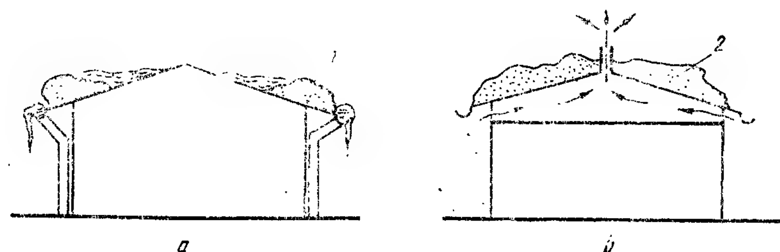


Fig. 14.29. Comportarea acoperișurilor în timpul iernii :

a — acoperiș cald ; *b* — acoperiș rece ; *1* — strat de zăpadă care datorită variațiilor diurne de temperatură din timpul iernii poate determina înfundarea jgheaburilor și degradarea lor ; *2* — strat de zăpadă uniform pe suprafața acoperișului.

cu atît mai important cu cît structura ultimului nivel este mai rigidă și are mai multe legături.

Stratul intermediar de aer ventilat reduce efectul de încălzire întrucît separă învelitoarea de termoizolație și mai ales pentru că aerul rece care circulă determină o scădere a temperaturii învelitorii și suportului său.

Iarna, datorită stratului de aer intermediar, învelitoarea rămîne rece și, ca urmare, zăpezile adunate nu se topesc prematur și staționează în grosime mică peste învelitoare. Dacă zăpada s-ar topi și s-ar scurge de pe acoperiș, atunci apa ar îngheța în dreptul streșinilor umplînd jgheaburile care sînt mai reci și le-ar deforma (fig. 14.29). Un astfel de fenomen se constată aproape totdeauna la acoperișurile calde cu scurgere exterioară. În condițiile acoperișului rece acest fenomen nu se produce, deoarece zăpada acoperă învelitoarea discontinuă astupînd temporar rosturile, astfel că procesul de ventilare scade în intensitate și capacitatea de izolare termică se mărește temporar. Ulterior, cînd temperatura exterioară revine la valori pozitive, zăpada se topește și se scurge dar nu îngheață în jgheaburi și procesul de ventilare devine din nou intens. În acest fel are loc un fenomen de autoreglare, a cărui consecință este că majoritatea acoperișurilor reci se comportă bine din punct de vedere higrotermic chiar și în cele mai dificile condiții de climă și de exploatare interioară. Puținele excepții pot fi observate cînd jgheaburile se înfundă cu murdării și rețin apa care apoi îngheață sau cînd porțiuni ale acestora, orientate spre nord sînt mai reci decît învelitoarea de pe care se scurge apa.

14.4.2. BARIERA DE VAPORI LA ACOPERIȘURILE RECI, VENTILATE

Datorită stratului de aer ventilat, vaporii de apă sînt eliminați spre exterior, astfel că barierele de vapori apar ca inutile, cu condiția ca, începînd de la tavan către pod, straturile să fie dispuse în ordine crescîndă a permeabilității la vapori. Bariera de vapori dispusă sub termoizolație se recomandă totuși ca o măsură de precauție suplimentară în cazul cînd ventilarea nu este suficient de activă, pentru a împiedica infiltrații excesive de aer și vapori de apă prin termoizolație dacă aceasta este executată din materiale ușoare, permeabile la aer (de exemplu, pîslă) și nu este dispusă pe un suport cu rezistență mare la vapori de apă. De asemenea bariera de vapori poate servi drept ultimă protecție a tavanului împotriva unor infiltrații de apă de sus în jos, care sînt posibile în timpul executării lucrărilor, cînd învelitoarea este defectă sau pe timp de furtună.

14.4.3. REALIZAREA TERMOIZOLAȚIEI LA ACOPERIȘURILE RECI, VENTILATE

La acoperișurile ventilate, stratul de termoizolație se dispune în pod și, în cazul cînd acesta nu există, sub învelitoare. La clădirile vechi, termoizolația se realiza din umplutură de lut amestecat cu paie sau din moloz uscat. Aceste materiale pot fi utilizate și acum, dacă încărcarea aplicată nu depășește limitele permise. Pentru reducerea greutății se recurge la umpluturi de zgură și de granulit sau la materiale ușoare : plăci din beton celular autoclavizat, pîslă minerală, polistiren expandat etc.

La termoizolații autoportante sau susținute de un schelet de rezistență ușor, se utilizează plăci termoizolatoare rigide, confecționate din pîslă minerală ori din mase plastice sub formă de spumă solidificată (fig. 14.30). Institutul de cercetări în construcții a studiat și adaptat aceste produse pentru diverse construcții cu umidități de exploatare diferite, astfel : pentru umidități relative mici ale încăperilor ($\varphi_i < 60\%$) se produc plăci autoportante finisate prin stropire (*AP/S*) sau prin vopsire iar peste spații cu umiditate mare ($\varphi_i > 60\%$) se utilizează plăci autoportante de vată minerală prevăzute pe fața inferioară cu o barieră de vapori din folie de PVC (*AP/C*). Pentru deschideri mai mari ca 600 mm, plăcile se cașerează longitudinal cu elemente armate cu tablă de oțel galvanizată introdusă în nuturi frezate în placă.

Plăcile termoizolante autoportante pot fi rezemate pe pane (v. fig. 14.30) sau pot fi suspendate (fig. 14.31).

Grosimea stratului de termoizolație rezultă din calcul (conform STAS 6472/1 ...5—73), unde se ține seama numai de straturile dispuse de la tavan la pod, fără învelitoare și suportul acesteia, deoarece este greu să li se aprecieze influența ; în acest mod, calculul este acoperitor.

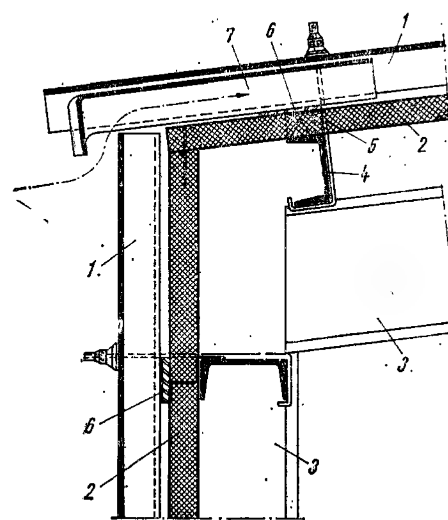


Fig. 14.30. Realizarea termoizolației din plăci autoportante din pîslă la acoperișuri reci, ventilate pentru construcții cu $\varphi_i < 60\%$:

1 — azbociment ondulat ; *2* — plăci autoportante din pîslă ; *3* — element de rezistență (profil U) ; *4* — pană din profil metalic ; *5* — ancoră din oțel-beton pentru fixarea azbocimentului ondulat ; *6* — PFL dur ; *7* — lăcrimar din azbociment ondulat.

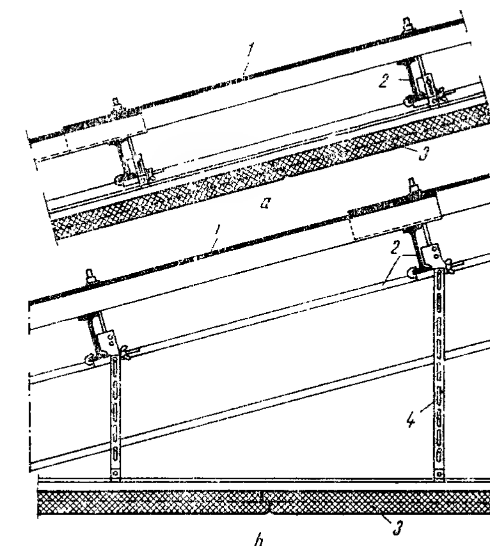


Fig. 14.31. Acoperiș rece cu plafon termoizolant suspendat de pane :

a — tavan înclinat ; *b* — tavan orizontal ; *1* — învelitoare din azbociment ondulat ; *2* — pane din profiluri metalice ; *3* — plăci de pîslă minerală autoportante ; ; *4* — ancore reglabile pentru suspendarea termoizolației.

14.4.4. PROTECȚIA TERMOIZOLAȚIEI LA ACOPERIȘURILE RECI, VENTILATE

Termoizolația se protejează la partea superioară pentru a evita:

— străbaterea sa de către curenți de aer care apar în materialele ușoare cu pori și goluri deschise (pîslă, umpluturi granulare) precum și la rosturile dintre plăci;

— deformarea prin îndesare, deranjarea și deteriorarea prin circulație sau datorită acțiunii unor obiecte depozitate în pod.

Protecția nu trebuie să prezinte o rezistență mare la difuzia vaporilor, spre a nu crea condiții de condens în termoizolație și de aceea în alcătuirea acesteia nu se includ folii de polietilenă, straturi de bitum etc.; în caz contrar, efectul favorabil al podului ventilat se anulează. Este indicat ca termoizolația să fie acoperită cu un strat de hîrtie Kraft sau de carton ondulat, peste care se toarnă o șapă din mortar de var cu adaos de ciment, să se dispună o podină de circulație din scînduri, ori să se așeze un strat de cărămidă pe lat.

14.4.5. REALIZAREA ORIFICIILOR DE ADMISIE ȘI EVACUARE A AERULUI

Cu excepția perioadelor de vînt, circulația aerului este o consecință a diferențelor de presiune generate de diferențele de temperatură. Din această cauză este bine ca orificiile de admisie a aerului (prize) să fie dispuse cît mai jos posibil, iar cele de evacuare cît mai sus. Tirajul este favorizat de instalarea unor deflectoare. Distribuirea orificiilor pentru admisia și evacuarea aerului pe acoperiș trebuie să fie uniformă. La podurile cu înălțime mică este necesar să se evite orice cauză care ar putea stînjeni circulația aerului și ar crea turbioane: micșorarea înălțimii podului la gura de evacuare (fig. 14.32, *a*), dispunerea unor elemente de rezistență care opresc circulația aerului (fig. 14.32, *b*) etc.

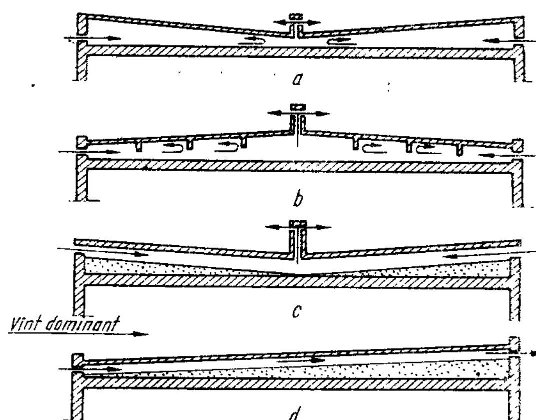


Fig. 14.32. Soluții de ventilare a podului cu înălțime redusă:

a — pod cu înălțimea redusă în dreptul gurii de evacuare (soluție neindicată); *b* — pod cu pane care stînjenesc circulația aerului (soluție neindicată); *c* — pod cu înălțime liberă constantă, în care aerul circulă descendent (soluție acceptabilă); *d* — pod cu înălțime liberă constantă în care aerul circulă ascendent (soluție recomandată).

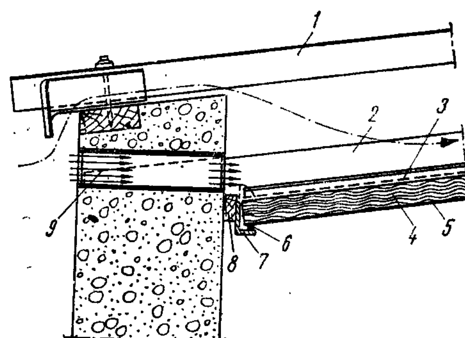


Fig. 14.33. Acoperiș rece, ventilat cu învelitoare permeabilă și cu orificii suplimentare pentru admisia aerului:

1 — învelitoare din azbociment ondulat; *2* — talpa superioară a fermei; *3* — hîrtie Kraft; *4* — placă autoportantă din vată minerală; *5* — barieră de vapori din folie PVC caserată din fabrică; *6* — cordon de chit; *7* — cornier; *8* — șipcă de lemn; *9* — tub PVC ca orificiu de admisie a aerului.

Situația cea mai simplă este atunci cînd învelitoarea este discontinuă, fiind permeabilă la aer, căci în acest caz nu trebuie create orificii speciale; totuși, atunci cînd se apreciază că admisia prin structura învelitorii nu este suficientă se dispun orificii suplimentare de admisie a aerului (fig. 14.33).

14.4.6. ÎNVELITORI LA ACOPERIȘURI RECI, VENTILATE

În condițiile pantelor acoperișului, învelitoarea trebuie să împiedice infiltrațiile de apă (chiar și pe timp de furtună) asigurînd scurgerea apelor pînă la jgheaburi și burlane sau guri de colectare. Utilizarea unor învelitori impermeabile și continue este necesară numai la pante mici, dar acestea nu se folosesc decît foarte rar la acoperișuri reci. Învelitoarea trebuie să reziste la variații de temperatură între −30...+80°C, la îngheț-dezgheț, la circulația prevăzută prin proiect pentru întreținere, să contribuie la satisfacerea exigențelor de durabilitate, confort și estetică ale clădirii. Tipul de învelitoare se stabilește în raport cu destinația clădirii și cu criterii privind durabilitatea, rezistența la foc, economicitatea, disponibilul de materiale etc.

14.4.6.1. **Învelitori de paie, stuf sau trestie.** Acestea sînt învelitori discontinue care permit realizarea unor acoperișuri ușoare, ventilate, igienice și economice, cu aspect rustic, tradiționale pentru localitățile situate la cîmpie în zone cu bălți. Au o utilizare limitată, deoarece se aprind ușor.

Snopii de paie sau stuf se așază de la streașină spre creastă, pe suport din șipci (la streașină pe o scîndură continuă) și se leagă cu sîrmă zincată și împletituri din nuiele (fig. 14.34). Între snopi și coșul de fum se dispune o protecție din tablă sau de argilă. Etanșeitatea crestei se asigură fie prin așezarea unor snopi în lung astfel încît să acopere ambii versanți, fie prin prelungirea snopilor de pe un versant peste celălalt cu considerarea direcției vînturilor dominante. Se pot executa și coame acoperite cu scînduri sau cu țigle.

14.4.6.2. **Învelitori din lemn.** Sînt învelitori discontinue realizate din scînduri geluite, șindrilă (draniță) sau șiță (fig. 14.35).

Învelitorile din șindrilă sînt estetice și reprezintă un specific al construcțiilor din multe localități de munte din țara noastră. Șindrila se fixează în cuie pe suport din șipci în două pînă la cinci straturi (fig. 14.36) sau pe suport din astereală și carton bitumat care asigură o protecție sporită la infiltrații dar se mărește consumul de material lemnos și pericolul de putrezire a lemnului.

Protecția împotriva infiltrațiilor la creastă și la coame se realizează cu scînduri geluite (fig. 14.37, *a*). La dolii se folosește tablă sau carton bitumat pe astereală din scînduri (fig. 14.37, *b*). Pentru obținerea unui aspect estetic deosebit, șindrila se poate dispune în evantai, după o

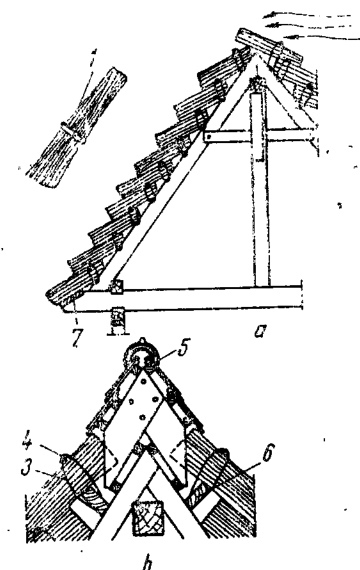


Fig. 14.34. Învelitoare din stuf:

a — vedere; *b* — detaliu coamă; *1* — snop; *2* — direcția vîntului; *3* — sîrmă; *4* — nuia; *5* — coamă de țiglă; *6* — șipcă; *7* — scîndură

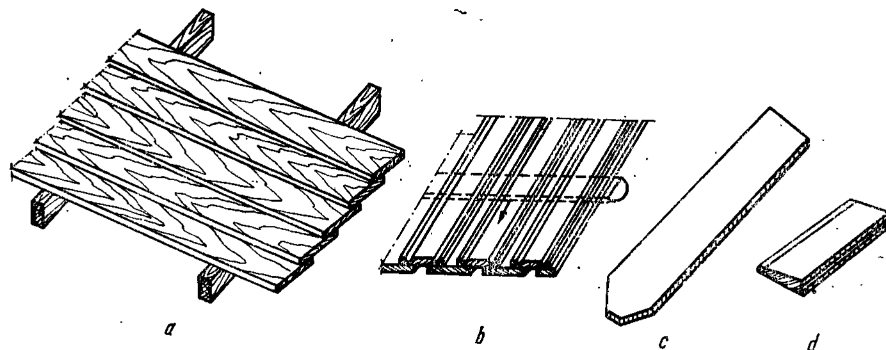


Fig. 14.35. Învelitori din lemn:
a — din scinduri geluite tip caplama; *b* — din scinduri geluite tip pendremea; *c* — şindrilă; *d* — şiţă.

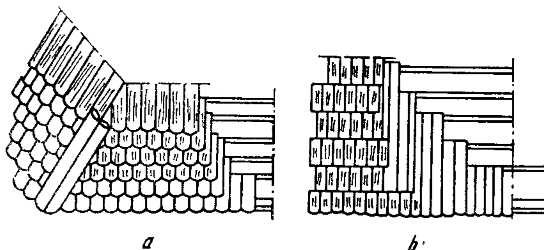


Fig. 14.36. Învelitoare de şindrilă pe şipci:
a — în trei straturi; *b* — în patru straturi.

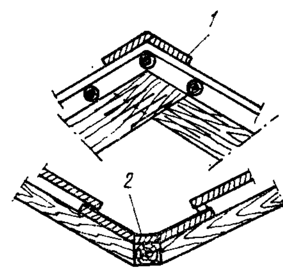


Fig. 14.37. Protecţia împotriva infiltraţiilor la coame şi la dolii pentru învelitori de lemn:
1 — scîndură geluită; *2* — carton bitumat.

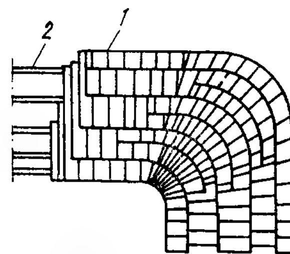


Fig. 14.38. Dolie cu elemente de învelitoare dispuse radial:
1 — lamelă din şindrilă sau şiţă; *2* — suport din şipci.

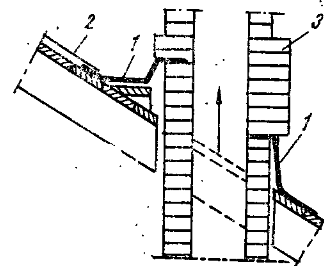


Fig. 14.39. Racordarea învelitorilor de lemn la coşurile de fum:
1 — pazie din tablă; *2* — învelitoare din şindrilă; *3* — coş de fum.

suprafaţă curbă (fig. 14.38). Racordarea învelitorilor din lemn la coşurile de fum se face cu pazii din tablă (fig. 14.39).

Se recomandă ca înainte de montare, lamelele de şindrilă să fie scăldate într-o baie de 1 % sulfat de cupru sau fier, iar după montare, învelitoarea să se întreţină prin vopsire cu carbolineum cald, aplicat în două straturi (utilizarea păcu-

rei în loc de carbolineum nu este indicată, deoarece astupă porii lemnului şi astfel grăbeşte putrezirea).

Şiţa se foloseşte mai puţin, fiind pe cale de dispariţie.

14.4.6.3. **Învelitori de carton bitumat.** 14.4.6.3.1. *Învelitori de carton bitumat pe suport de lemn.* Cartonul bitumat este un material ieftin, uşor de aplicat şi cu greutate redusă. Din această cauză este mult utilizat pentru realizarea de învelitori continue, mai ales la clădiri provizorii şi semipermanente.

La acoperişurile cu pantă mare, cartonul bitumat se dispune pe astereală în două straturi suprapuse (fig. 14.40 şi 14.41). Peste ultimul strat de carton se aplică un strat de bitum cald presărat cu nisip grăunţos pentru protecţie. În figura 14.42 sînt indicate modurile de alcătuire a învelitorilor din carton bitumat la streşini, coame, creste etc.

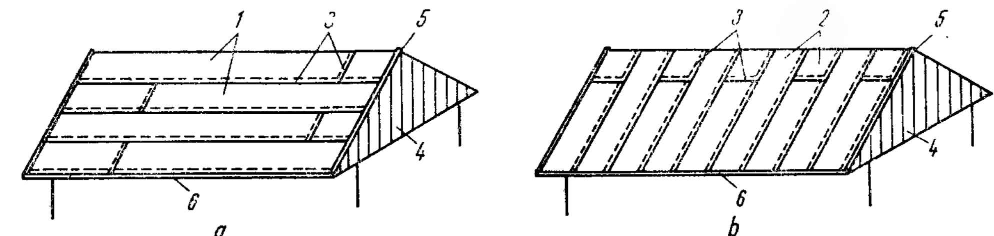


Fig. 14.40. Învelitoare de carton bitumat, în două straturi, pe astereală:
a — aşezarea primului strat paralel cu streaşina; *b* — aşezarea celui de-al doilea strat paralel cu picătura; *1* — fîşii de carton bătute în cuie; *2* — fîşii de carton bătute în cuie şi asigurate cu şipci sau lipite cu bitum pe toată suprafaţa; *3* — suprapuneri lipite cu bitum; *4* — fronton vertical; *5* — protecţia învelitorii la fronton; *6* — streaşină.

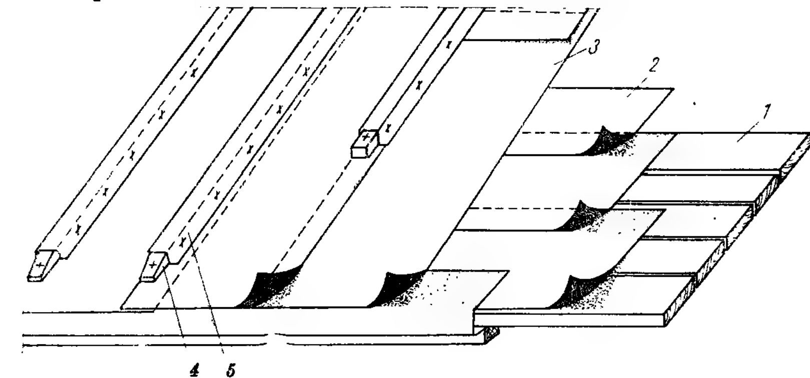


Fig. 14.41. Detaliu de realizare a unei învelitori din carton bitumat în două straturi:
1 — astereală din scînduri; *2* — primul strat de carton lipit cu bitum pe astereală; *3* — stratul al doilea de carton, lipit cu bitum pe primul strat; *4* — şipcă de fixare; *5* — fîşie de carton bitumat fixată prin lipire cu bitum pe stratul al doilea de carton.

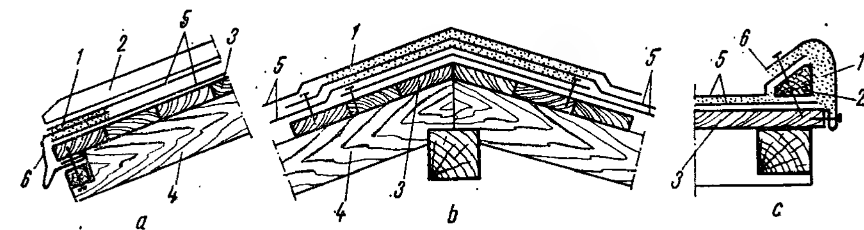


Fig. 14.42. Detalii la învelitori de carton bitumat;
a — la streaşină; *b* — la coamă; *c* — la fronton; *1* — bitum; *2* — şipcă; *3* — astereală; *4* — căprior; *5* — învelitoare de carton bitumat în două straturi; *6* — fîşie suplimentară de carton bitumat.

28 — c. 374

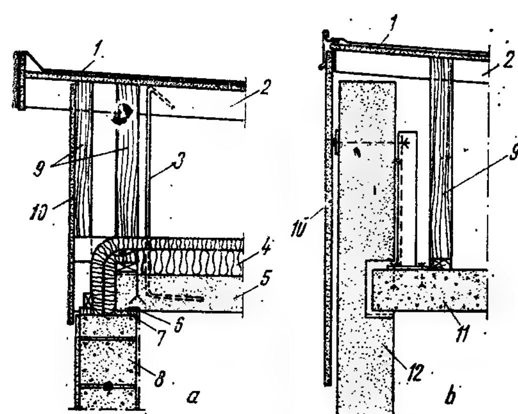


Fig. 14.43. Învelitoare de carton bitumat la clădiri cu structură din BCA [102]:

a — la clădire cu pereți din BCA și planșee prefabricate; *b* — la clădire din blocuri mari și planșee din fâșii de BCA; *1* — învelitoare de carton bitumat; *2* — șarpantă economică din scînduri și PFL dur; *3* — ancoraj; *4* — termoizolație din pislă minerală; *5* — planșeu din beton armat; *6* — rost uscat din bandă de material elastic; *7* — mortar; *8* — perete din BCA; *9* — suport din lemn al asterelei; *10* — protecție din scîndură sau tablă; *11* — planșeu din fâșii de BCA; *12* — zidărie din blocuri mari.

Datorită calităților sale, învelitoarea de carton bitumat tinde să fie folosită și la clădiri definitive. Astfel, pentru clădirile cu structură din beton celular autoclavizat realizate în Suedia se utilizează aproape exclusiv astfel de învelitori (fig. 14.43). De multe ori aceste șarpante, inclusiv învelitoarea de carton, sînt prefabricate pe tronsoane mari care se montează pe clădire într-un timp foarte scurt.

14.4.6.3.2. *Învelitori de carton bitumat pe suport de beton*. Învelitorile de carton bitumat pot fi aplicate și sub formă de izolații hidrofuge din straturi succesive de carton și bitum pe suprafețe de beton plane sau curbe, la acoperișuri peste spații neîncălzite dar bine ventilate. Conform procedeului la cald, se execută mai întîi amorsarea suprafețelor de izolat, care trebuie să fie bine uscate, cu bitum topit dizolvat în benzină și întins cu ajutorul unei bidinele aspre. Apoi se aplică alternativ 2 sau 3 straturi de bitum cald și de carton bitumat. Pentru realizarea izolației hidrofuge, în loc de carton se poate folosi pînză bitumată sau împîslitură de sticlă iar în loc de bitum se utilizează mastic de bitum. Suprafața se protejează cu un ultim strat de bitum și nisip grăunțos. Trebuie reținut că astfel de învelitori dispuse direct pe beton, la acoperișuri fără pod și fără izolație termică, nu sînt recomandate decît la construcții deschise sau intens ventilate. La construcțiile neventilate corespunzător, chiar dacă nu există instalații de încălzire, căldura care se degajă din pămînt și din alte surse face ca iarna temperatura și presiunea vaporilor sub acoperiș să fie mai ridicate decît în afara clădirii. Ca urmare, vaporii de apă difuzează prin acoperiș și condensează sub învelitoare, producîndu-se degradări din cauza înghețului. Vara, învelitoarea se înfierbîntă puternic din cauza culorii închise și căldura se transmite cu ușurință spațiilor de sub învelitoare. Apa din condens se transformă în vapori cu presiune suficientă pentru a desprinde cartonul de pe suport, deoarece bitumul este moale. Treptat apar bășici din ce în ce mai mari, imposibil de reparat și se ajunge la degradarea treptată a întregii hidroizolații. Din aceste motive este bine ca între acoperișul de beton și învelitoarea de carton bitumat să se dispună straturi intermediare de izolare termică, barieră de vapori etc., potrivit indicațiilor pentru acoperișuri calde.

14.4.6.4. **Învelitori ceramice.** Se realizează din țigle sau olane în forme variate și estetice. Ambele tipuri de învelitori sînt grele și necesită un consum apreciabil de lemn pentru șarpante. Învelitorile din țigle și olane asigură condiții favorabile de confort, se confecționează din materii prime locale și nu necesită lucrări de întreținere. Olanele și țiglele trebuie să satisfacă condiții severe de calitate între care:

— rezistență mare la îngheț-dezgheț, fără fisuri, exfolieri etc.;

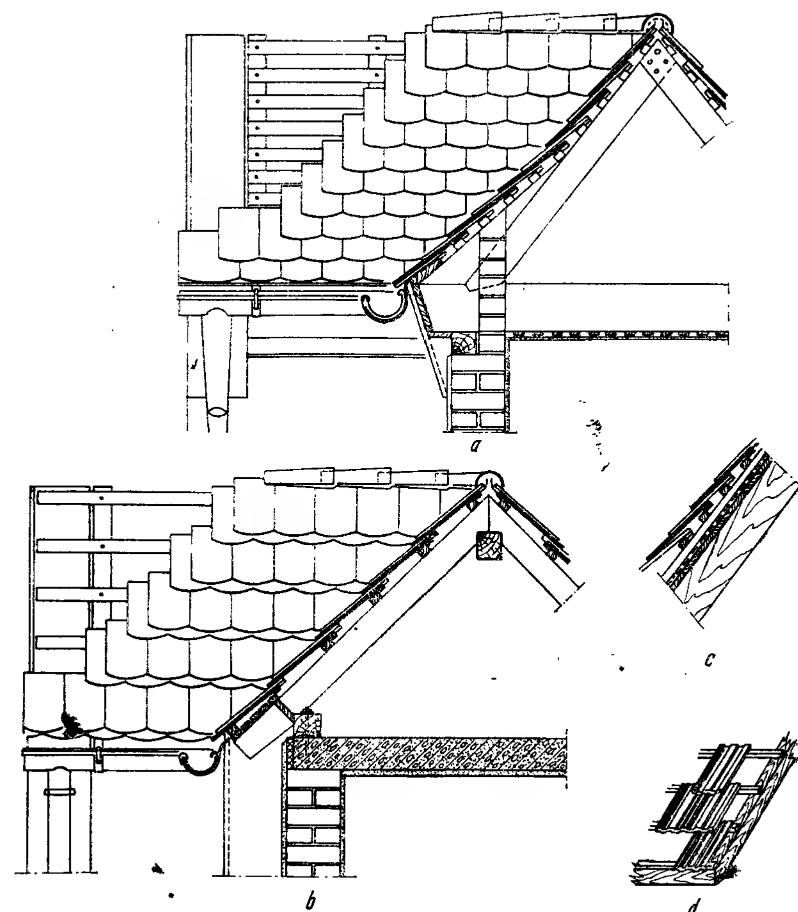


Fig. 14.44. Învelitori din țigle:

a — țigle solzi așezate simplu pe șipci; *b* — țigle solzi așezate dublu pe șipci; *c* — țigle solzi așezate simplu pe șipci bătute pe astereală și carton bitumat; *d* — țigle profilate.

— capacitate de a absorbi și restitui apa cu ușurință, astfel încît învelitoarea să pară uscată, la scurt timp după ploaie;

— rezistență la încărcarea dată de un om care circulă pe acoperiș pentru întreținere;

— sunet clar la lovire, indicînd absența fisurilor și o densitate suficient de ridicată.

Învelitorile din țigle solzi se pot realiza în mai multe variante:

— fără astereală, cu țigle așezate simplu sau dublu pe șipci bătute direct pe căpriori sau pe ferme din scînduri (fig. 14.44, *a*, *b*);

— cu astereală, cu țigle așezate simplu sau dublu, pe șipci bătute în ambele sensuri peste un strat de carton bitumat prins în cuie (fig. 14.44, *c*). Țiglele se montează pe șipci prin intermediul ciocurilor cu care sînt prevăzute la partea inferioară. Pentru a le asigura împotriva smulgerii de către vînt, anumite tipuri de țigle se pot fixa și prin legare de șipci cu sîrmă zincată.

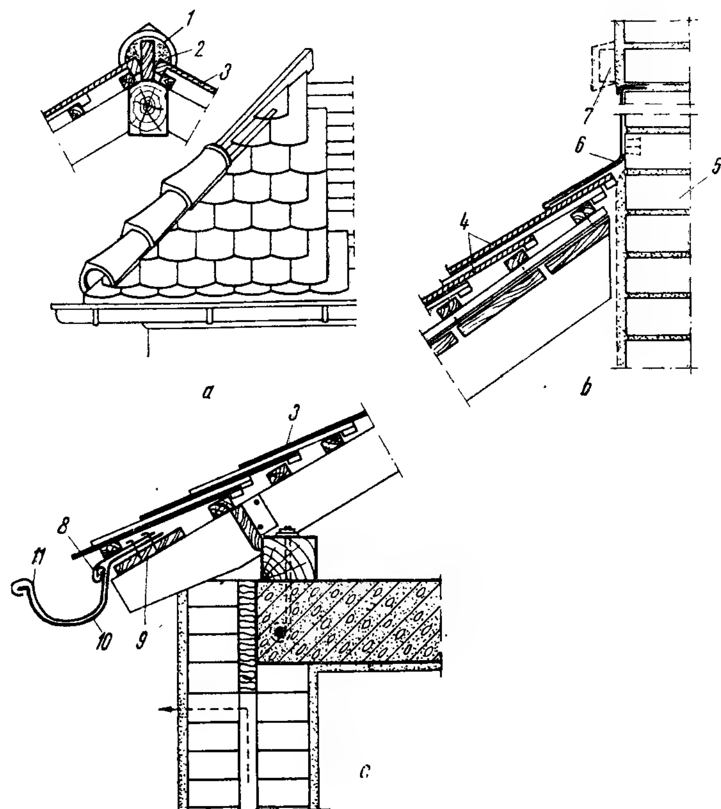


Fig. 14.45. Detalii pentru învelitori din țiglă:

a — la coamă; *b* — la racordarea cu un perete vertical; *c* — la o streașină simplă la clădire cu pereți ventilați; *1* — coamă ceramică; *2* — mortar de ciment; *3* — învelitoare din țiglă solzi așezată simplu; *4* — învelitoare din țiglă solzi așezată dublu; *5* — perete din zidărie; *6* — pazie din tablă; *7* — lăcrimar din tablă sau cărămidă scoasă în consolă; *8* — pazie din tablă pentru fixarea jgheabului; *9* — scîndură; *10* — cîrlig pentru jgheab; *11* — jgheab.

Învelitorile din țigle profilate se pot realiza în diverse variante dar de regulă fără astereală, cu țiglele așezate pe șipci bătute direct pe căpriori (fig. 14.44, *d*).

Fabricile livrează și coame ceramice care se fixează cu mortar de ciment amestecat cu țiglă pisată pentru a avea o culoare roșcată (fig. 14.45, *a*).

Doliile, șorțurile, paziile și îmbrăcămintea coșurilor se execută cu tablă zincată de 0,40 mm grosime (fig. 14.45, *b*, *c*).

Olanele se așază în două rînduri suprapuse, un rînd cu concavitatea în sus și celălalt cu concavitatea în jos, peste un strat de carton bitumat, bătut în cuie pe astereală și se fixează cu mortar, rezultînd o învelitoare grea.

14.4.6.5. Învelitori de azbociment. Azbocimentul se utilizează la învelitori sub formă de plăci plane (fig. 14.46, *a*, *b*, *c*), plăci ondulate (fig. 14.47, *a*) și

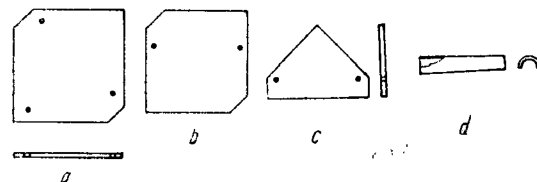


Fig. 14.46. Plăci plane de azbociment pentru învelitori;

a placă normală cu trei găuri — d placă normală; cu două găuri: — c placă marginală: — b coamă

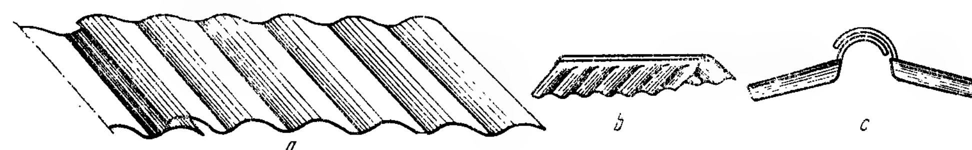


Fig. 14.47. Plăci ondulate de azbociment pentru învelitori:

a — placă ondulată; *b* — coamă dublă; *c* — coamă simplă.

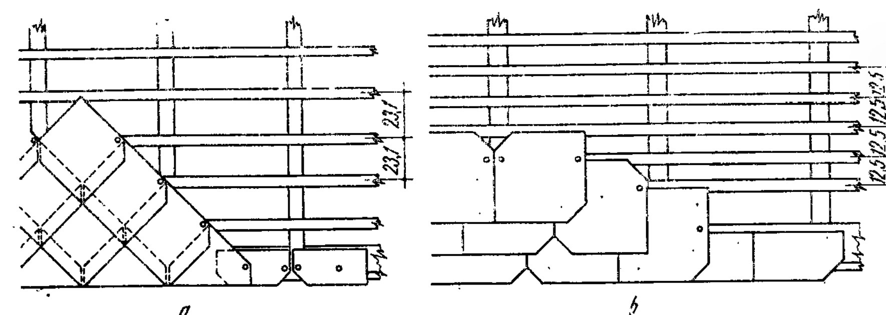


Fig. 14.48. Învelitori din plăci plane de azbociment:

a — cu acoperire simplă; *b* — cu acoperire dublă.

coame (fig. 14.46, *d* și 14.47, *b*, *c*) necolorate, colorate în masă sau acoperite cu straturi superficiale aderente.

Învelitorile din azbociment plan se realizează cu acoperire simplă sau dublă pe șipci (fig. 14.48) sau pe carton bitumat și astereală. Prinderea se execută în cuie zincate cu cap lat sau copci de siguranță (fig. 14.49). O atenție deosebită trebuie acordată execuției la streșini, coame, creste, dolii și racordări la coșurile de fum pentru a evita infiltrațiile de apă.

Învelitorile din plăci ondulate de azbociment prezintă avantajul că sînt autoportante pe distanțe relativ mari, astfel că nu necesită astereală sau grătare de șipci, putîndu-se rezema direct pe pane (fig. 14.50).

14.4.6.6. Învelitori din tablă. Sînt învelitori discontinue realizate din foi de tablă de aluminiu, zinc, plumb, tablă neagră vopsită, zincată (galvanizată), arămită etc.

Foile de tablă permit realizarea unor învelitori ușoare, incombustibile, rezistente la acțiunile agenților climatici dar care nu oferă protecție termică și prezintă deformații mari la variații de temperatură. Din această cauză, foile de tablă se înnădesc prin fălțuire și nu se fixează rigid de stratul suport. Valorile minime ale pantelor recomandate sînt necesare pentru ca apa să nu staționeze pe acoperiș, pătrunzînd prin rosturile fălțuite și favorizînd coroziunea tablei. Din același motiv se evită folosirea foilor din diverse metale la aceeași învelitoare. Cel mai frecvent se utilizează învelitorile din tablă galvanizată.

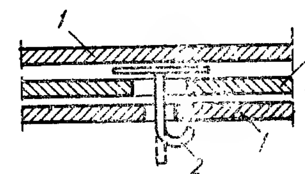


Fig. 14.49. Montarea plăcilor plane de azbociment cu copci de siguranță:

1 — placă; *2* — copcă.

Prinderea foilor de tablă se face cu fălțuri orizontale culcate, paralele cu streașina și fălțuri verticale, în picioare, dispuse după linia de cea mai mare pantă

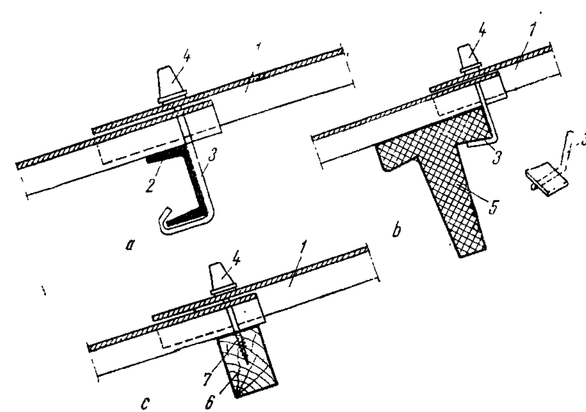


Fig. 14.50. Fixarea plăcilor de azbociment ondulat:

a — pe pane din oțel; *b* — pe pane din beton armat; *c* — pe pane din lemn; *1* — placă de azbociment ondulat; *2* — pană metalică; *3* — tijă din oțel zincat; *4* — căpăcel de protecție a prinderii; *5* — pană prefabricată din beton armat; *6* — pană din lemn; *7* — șurub pentru lemn.

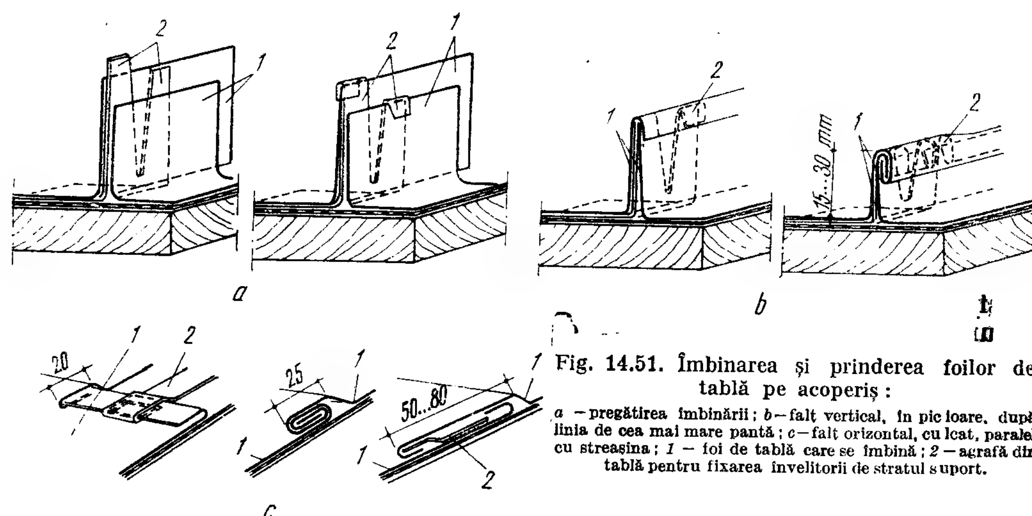


Fig. 14.51. Îmbinarea și prinderea foilor de tablă pe acoperiș:

a — pregătirea îmbinării; *b* — falț vertical, în picioare, după linia de cea mai mare pantă; *c* — falț orizontal, cu lcat, paralel cu streașina; *1* — foi de tablă care se îmbină; *2* — agrafă din tablă pentru fixarea învelitorii de stratul suport.

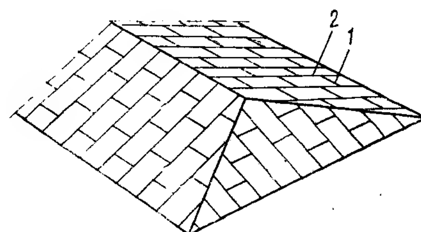


Fig. 14.52. Aspectul unei învelitori din tablă:

1 — falț orizontal paralel cu streașina; *2* — falț vertical dispus după linia de cea mai mare pantă.

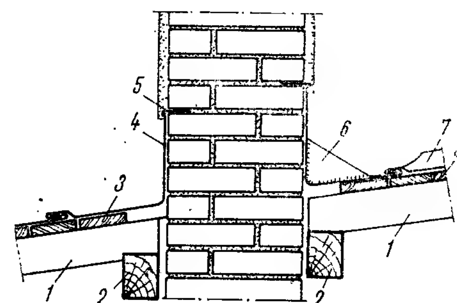


Fig. 14.53. Racordarea învelitorilor din tablă la coșuri:

1 — căprior; *2* — pană; *3* — astereală; *4* — pazie de tablă; *5* — cui cu cioc; *6* — șa pentru asigurarea scurgerii apelor, lipită pe pazie; *7* — falț vertical.

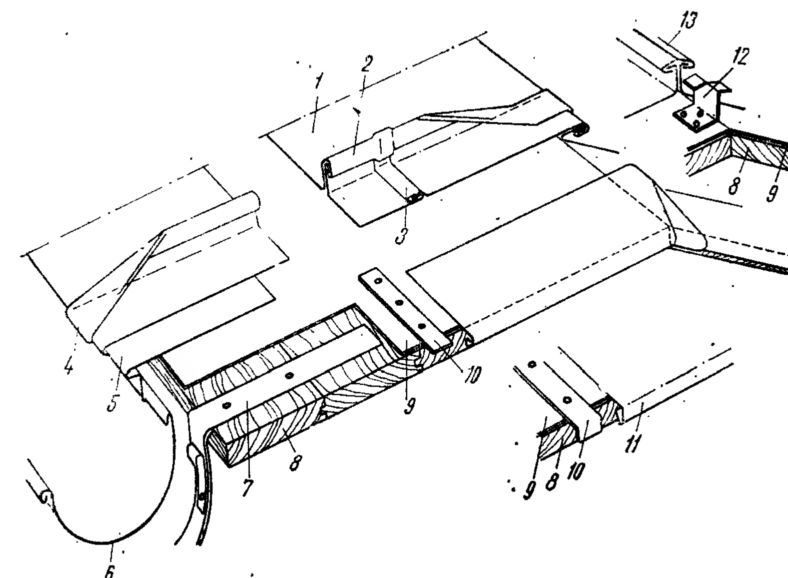


Fig. 14.54. Detalii de realizare a învelitorilor din tablă la streșini și coame:

1 — foi de tablă; *2* — falț vertical; *3* — falț orizontal; *4* — racordarea falțului vertical la streașină; *5* — șorț din tablă la streașină; *6* — jgheab; *7* — cîrlig pentru susținerea jgheabului; *8* — strat suport din astereală de scînduri; *9* — strat de carton bitumat; *10* — oțel lat pentru fixarea foilor de tablă la fronton; *11* — falț lăcrimar la fronton; *12* — oțel lat pentru fixarea foilor de tablă la coamă; *13* — fîșie de tablă pentru acoperirea coamei.

(fig. 14.51 și 14.52); se observă modul de rezolvare a legăturilor, care prezintă întotdeauna posibilități de joc. În figurile 14.53 și 14.54 sînt prezentate detalii specifice pentru realizarea învelitorilor din tablă la streșini și la racordările cu pereții verticali.

La învelitorile din tablă de zinc, folosite pentru clădiri monumentale și cu ornamente, se respectă aceleași pincipii, însă prinderea după linia de cea mai mare pantă se execută cu șipci trapezoidale acoperite; pentru a se evita coroziunea, tabla de zinc nu trebuie să vină în contact cu obiecte din oțel.

Învelitorile din foi de cupru și de plumb sînt destinate numai monumentelor istorice, la care trebuie păstrat specificul inițial. Tabla de cupru este estetică, devenind cu timpul verde. Mai frecvent se procedează la arămirea tablei zincate.

Învelitorile metalice sînt supuse pericolului de coroziune. Cînd două metale diferite sînt în contact prin intermediul unui electrolit (apă ușor acidă), așa cum se întîmplă în orașe din cauza poluării, apare un curent galvanic care distruge unul din ele. Scara electrochimică a metalelor este următoarea: Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, Cu. Dacă aceste metale sînt în contact, în prezența unei soluții sau în aer umed, metalul cu indicele cel mai scăzut se corodează. Procesul este cu atît mai intens, cu cît metalele sînt mai distanțate în scara electrochimică prezentată.

14.5. ACOPERIȘURI CALDE, NEVENTILATE

14.5.1. CARACTERISTICI GENERALE

14.5.1.1. Alcătuirea acoperișurilor calde, neventilate. Aceste acoperișuri se caracterizează prin faptul că sînt compacte, fără pod sau un alt spațiu prin care ar putea circula aer pe sub învelitoare (v. fig. 14.11).

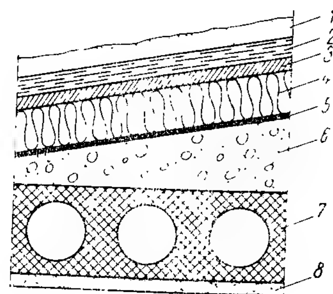


Fig. 14.55. Alcătuirea principală a unui acoperiș cald, neventilat tip terasă necirculabilă :

1 – strat de pietriș pentru protecția hidroizolației ; *2* – izolație hidrofugă ; *3* – strat suport al hidroizolației din șapă de mortar de ciment ; *4* – izolație termică ; *5* – barieră de vapori ; *6* – beton de pantă ; *7* – planșeu din fîșii cu goluri ; *8* – tencuială.

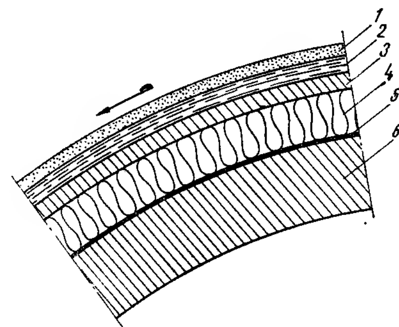


Fig. 14.56. Acoperiș cald neventilat de formă curbă :

1 – strat de protecție a hidroizolației ; *2* – izolație hidrofugă ; *3* – strat suport al hidroizolației ; *4* – izolație termică ; *5* – barieră de vapori ; *6* – strat de rezistență al acoperișului, din beton armat monolit sau prefabricate de beton armat.

În general, acoperișurile calde reazemă direct pe elementul portant (planșeu, pînză subțire din beton) și, indiferent de pantă, se prevăd cu învelitori de tip continuu (izolații hidrofuge).

În figurile 14.55, 14.56 și 14.57 se prezintă alcătuiri de principiu pentru trei tipuri de acoperișuri calde, neventilate, în care se disting straturile principale diferențiate constructiv și prin funcțiuni : stratul care creează panta necesară scurgerii apelor, bariera de vapori, termoizolația, suportul hidroizolației, hidroizolația și stratul de protecție a hidroizolației.

14.5.1.2. **Comportarea acoperișurilor calde, neventilate.** Comportarea acestor tipuri de acoperișuri este mai puțin favorabilă decît a celor reci, deoarece nu beneficiază de avantajele unei ventilări interioare intense, astfel că :

— sub influența radiației solare acoperișurile calde se încălzesc mai puternic decît cele reci ;

— sînt expuse umezirii prin condens sub învelitoare, deoarece nu respiră spre exterior ;

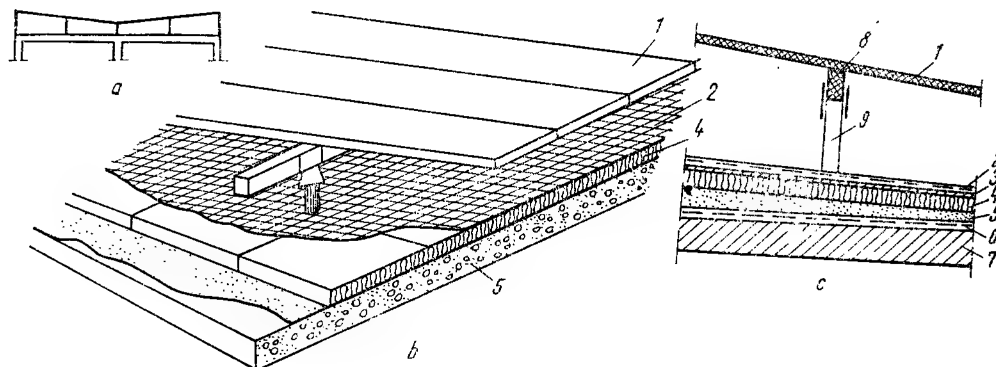


Fig. 14.57. Acoperiș cald, neventilat și necirculabil cu protecție superioară pentru zăpezi mari, grindină și radiație solară :

a – schema acoperișului ; *b* – secțiune cu vedere prin acoperiș ; *c* – detaliu de acoperiș ; *1* – protecție permeabilă la apă ; *2* – izolație hidrofugă ; *3* – strat suport a hidroizolației ; *4* – izolație termică ; *5* – beton de pantă ; *6* – barieră de vapori ; *7* – planșeu monolit ; *8* – pană pentru susținerea protecției ; *9* – pop pentru susținerea panelor.

— apa inițială de construcție rămasă sub învelitoare, la care se adaugă ulterior și cea de condens, se elimină greu și datorită umidității care poate atinge astfel valori ridicate, capacitatea de izolare termică a acoperișului este diminuată ;

— din cauza variațiilor mari de temperatură și de umiditate la care sînt inevitabil supuse acoperișurile de acest fel, există tendința apariției de fisuri care afectează defavorabil funcționarea și durabilitatea straturilor componente, transmițîndu-se solicitări suplimentare elementelor structurii de rezistență de sub acoperiș ;

— defecțiunile și cauzele lor sînt mai greu de localizat și de explicat deoarece sînt efectul unor fenomene complexe care interacționează, iar remedierile implică lucrări de amploare.

Acoperișurile calde sînt utilizate deoarece nu necesită o șarpantă de lemn, au înălțime de construcție redusă, nu sînt vizibile de la nivelul străzii, pot fi utilizate ca punct gospodăresc sau în alte scopuri și corespund cerințelor estetice ale arhitecturii contemporane.

14.5.2. REALIZAREA STRATULUI DE PANTĂ

Acoperișurile înclinate (fig. 14.58) nu necesită un strat de pantă, deoarece aceasta rezultă chiar din poziția elementului portant. Or, cînd este posibil, mai ales la suprafețe mari cum sînt cele ale halelor industriale, astfel de soluții se impun căci stratul de pantă implică încărcări importante și cheltuieli suplimentare nedorite.

Atunci cînd se prevede un strat de pantă, se au în vedere următoarele principii de proiectare :

— volumul stratului de pantă să fie cît mai mic prin alegerea unor pante minime compatibile cu învelitoarea și cu stratul de protecție, iar suprafața se împarte în sectoare (v. fig. 14.4) ;

— stratul de pantă se execută din materiale ușoare, în acest fel greutatea proprie scade, iar capacitatea de izolare termică este îmbunătățită ; sînt preferate materiale cu coeficienți de dilatare-contracție mici și cu umiditate de construcție mică.

Avînd în vedere aceste criterii, stratul de pantă se realizează din betoane de zgură, tuf, granulit, turnate pe șantier (fig. 14.59), din umpluturi termoizolante, din materiale granulare pilonate dispuse în grosime variabilă (fig. 14.60), iar uneori din același material ca și termoizolația prin executarea unui singur strat de grosime variabilă (fig. 14.61).

De regulă, stratul de pantă se dispune sub izolația termică, unde nu este

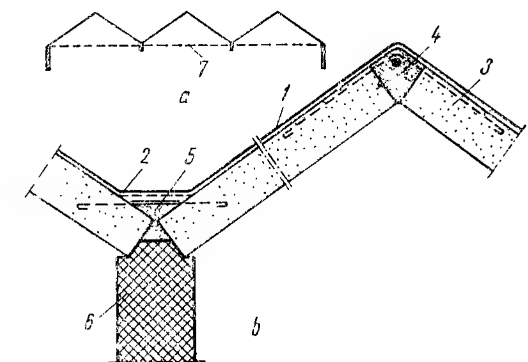


Fig. 14.58. Acoperiș cald, neventilat, de formă cutată la o clădire cu umiditate mică :

a – schema construcției ; *b* – detaliu de acoperiș ; *1* – izolație hidrofugă din două straturi de pînză, un strat de carton bitumat și patru straturi de bitum ; *2* – izolație hidrofugă la dolie din trei straturi de pînză, un strat de carton bitumat și cinci de bitum ; *3* – element prefabricat din BCA ; *4* – centură din beton armat la coamă ; *5* – monolitizare la dolie ; *6* – grindă canal din beton armat ; *7* – tirant din oțel.

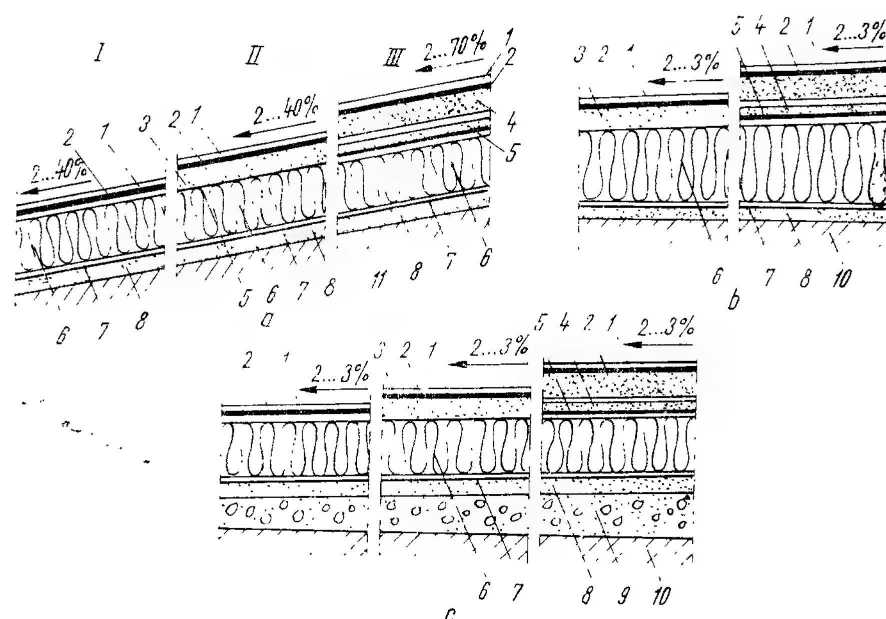


Fig. 14.59. Detalii de acoperişuri terasă, necirculabile (conform normativului *C* 112–70) :

a – cu panta de scurgere realizată prin înclinarea acoperişului ; *b* – cu panta de scurgere realizată din grosimea variabilă a termoizolaţiei ; *c* – cu panta de scurgere realizată din beton de pantă ; *I* – cu hidroizolaţia aplicată peste stratul termoizolant din polistiren expandat ; *II* – cu hidroizolaţia aplicată pe o şapă suport nearmată cînd termoizolaţia este rigidă (betoane uşoare) ; *III* – cu hidroizolaţia aplicată pe un strat suport armat cînd termoizolaţia este elastică (plăci semirigide de vată minerală, materiale în vrac) ; *1* – strat de protecţie a hidroizolaţiei ; *2* – hidroizolaţie prevăzută sau nu cu strat de difuzie ; *3* – strat suport al hidroizolaţiei din mortar M 100 ; *4* – strat suport al hidroizolaţiei din mortar M 100 armat cu reţea din oţel-beton Ø4...6 mm cu ochiuri de 20 ... ... 25 cm ; *5* – strat de protecţie mecanică din hîrtie Kraft sau carton bitumat ; *6* – termoizolaţie ; *7* – barieră contra vaporilor prevăzută sau nu cu strat de difuzie ; *8* – strat de egalizare din mortar M100 ; *9* – beton de pantă ; *10* – planşeu orizontal sau cu altă pantă decît cea a învelitorii ; *11* – planşeu înclinat cu aceeaşi pantă ca învelitoarea.

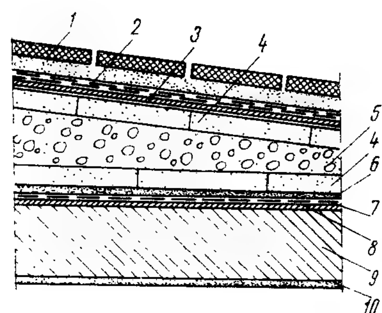


Fig. 14.60. Acoperiş cu strat de pantă din granulit pilonat dispus între două rînduri de plăci din BCA :

1 – strat de protecţie din dale pe strat filtrant ; *2* – hidroizolaţie ; *3* – strat suport din şapă de mortar de ciment ; *4* – plăci BCA ; *5* – strat de pantă din granulit pilonat ; *6* – nisip de poză, 1 cm grosime ; *7* – barieră de vapori ; *8* – şapă de egalizare ; *9* – planşeu ; *10* – tencuială.

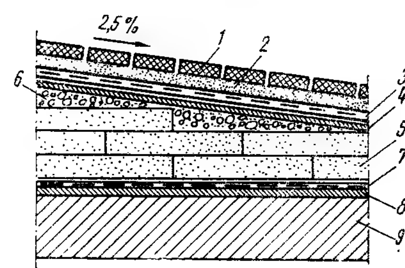


Fig. 14.61. Acoperiş cu izolaţia termică şi panta realizate din plăci de BCA :

1 – strat de protecţie din dale prefabricate ; *2* – strat filtrant din nisip grăunţos sau pietriş ; *3* – izolaţie hidrofugă ; *4* – strat suport al hidroizolaţiei ; *5* – plăci de BCA (izolaţie termică şi strat de pantă) ; *6* – completări cu mortar de ciment şi spărturi de BCA ; *7* – barieră de vapori din două straturi de bitum şi un strat de carton bitumat ; *8* – strat de egalizare ; *9* – planşeu de rezistenţă.

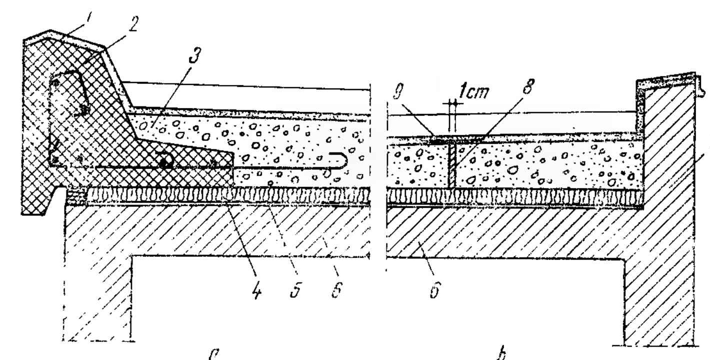


Fig. 14.62. Soluţii de prevenire a efectelor negative ale dilatării şi contracţiei stratului de pantă rigid :

a – cu atic independent care se poate dilata liber fără să antreneze structura de rezistenţă ; *b* – cu rost de dilataţie în betonul de pantă ; *1* – izolaţie hidrofugă ; *2* – atic independent prefabricat ; *3* – beton de pantă ; *4* – izolaţie termică ; *5* – barieră de vapori ; *6* – planşeu de rezistenţă ; *7* – atic turnat monolit ; *8* – rost umplut cu material elastic ; *9* – foaie de tablă pentru acoperirea rostului.

supus la variaţii mari de temperatură şi nu suferă mişcări alternative periculoase, dar contribuie la creşterea inerţiei termice a acoperişului, mai mult decît dacă ar fi aşezat peste termoizolaţie.

Dacă stratul de pantă se dispune între termoizolaţie şi izolaţia hidrofugă, atunci este în măsură să absoarbă o parte din căldura radiaţiei solare, ceea ce constituie un avantaj la acoperişuri lipsite de protecţie grea. În acest caz însă, stratul de pantă este supus la mişcări alternative importante din cauza variaţiilor de temperatură, rezultînd împingeri orizontale asupra aticului, cu consecinţe defavorabile asupra întregului acoperiş. Pentru acest caz, în normele franceze se recomandă soluţii de prevenire a efectelor negative rezultate din dilatarea şi contracţia stratului de pantă rigid (fig. 14.62).

Existenţa unui strat rigid şi monolit la partea superioară a acoperişului determină apariţia unor fisuri marginale în atic (fig. 14.63 şi 14.64). După cum se observă, dilatarea şi contracţia periodică a straturilor aflate peste termoizolaţie au ca efect fisuri orizontale în pereţii exteriori situaţi transversal pe direcţia de dilatare. Planşeul, care este situat sub izolaţia termică, nu are variaţii importante de lungime şi nu contribuie la formarea unor astfel de fisuri decît dacă

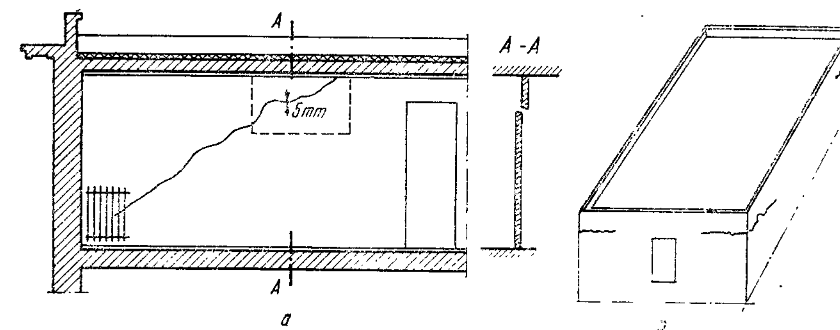


Fig. 14.63. Efectele variaţiilor de temperatură şi de umiditate asupra structurii de rezistenţă a unor clădiri :

a – apariţia unor fisuri şi deplasări transversale ale zidăriei peretelui situat la extremitatea unei clădiri ; *b* – apariţia unor fisuri orizontale la colţurile clădirii, ca urmare a contracţiilor planşeului.

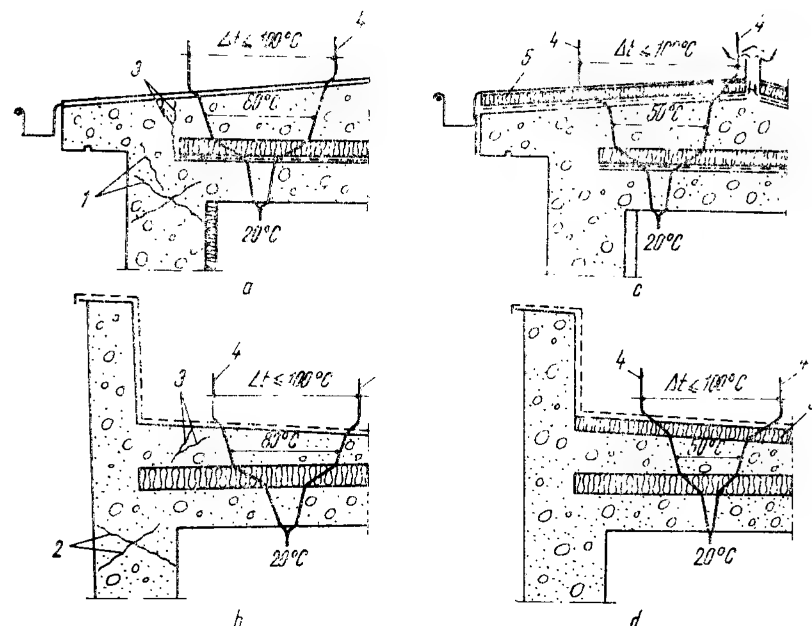


Fig. 14.64. Fisuri cauzate de contracții și dilatări repetate ale stratului de pantă rigid și remedierea lor:

a; *b* — soluții inițiale; *c*; *d* — soluții după remediere; *1* — fisuri în partea superioară a zidăriei la o construcție cu streașină; *2* — fisuri în partea superioară a zidăriei la o construcție cu atic; *3* — fisuri în șapa suport și în betonul de pantă; *4* — variația temperaturilor pe timp de iarnă și pe timp de vară în structura acoperișului; *5* — izolație termică dispusă sub învelitoare pentru a reduce diferența de temperatură în stratul de pantă.

suprafața sa este foarte mare. Pentru a preveni acest efect se dispun rosturi în acoperiș, care întrerup continuitatea tuturor straturilor (fig. 14.65) sau se interzice utilizarea pentru stratul de pantă a betoanelor ușoare cu contracții mari (de exemplu, în normele franceze).

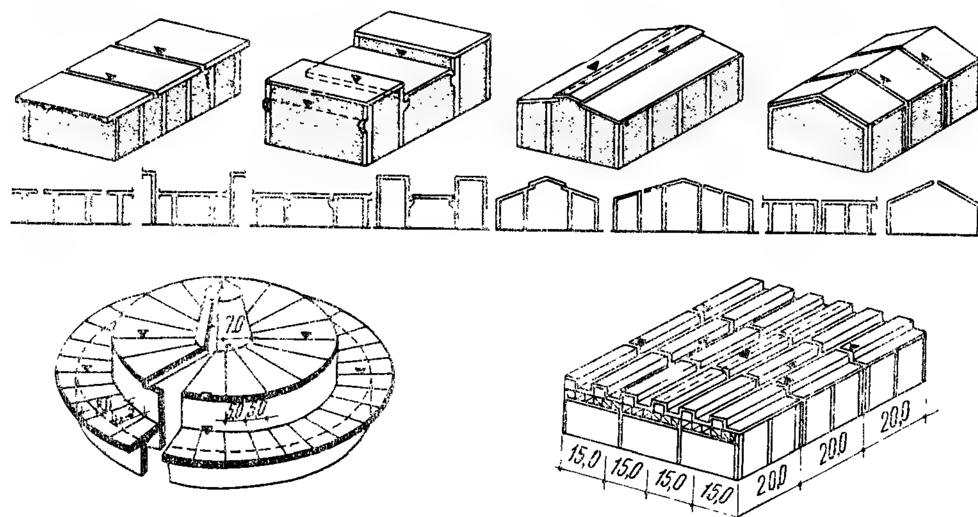


Fig. 14.65. Împărțirea prin rosturi de dilatație a structurii de rezistență a acoperișului în cazul unor suprafețe construite mari (săgețile indică poziția rosturilor).

14.5.3. BARIERA DE VAPORI LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

Acoperișurile calde sînt sensibile la fenomene de condens deoarece izolația hidrofugă situată la partea superioară este un strat aproape impermeabil la vapori de apă. Bariera de vapori, obligatorie la acoperișurile calde sub stratul de termoizolație, are rolul de a diminua cantitatea de vapori care migrează de jos în sus și care se acumulează în acoperiș, condensînd în partea rece a termoizolației.

Materialele utilizate pentru realizarea barierelor de vapori la acoperișuri sînt: carton bitumat sau împîslitură din fibre de sticlă între două straturi de bitum sau folie de aluminiu între două straturi de bitum. Continuitatea barierei de vapori se asigură prin suprapunerea foliilor și lipirea lor cu bitum.

Bariera de vapori poate fi deteriorată de către asperitățile straturilor între care este presată în cursul executării lucrărilor și ulterior în exploatare, prin circulație în timpul execuției sau prin deplasările stratului suport și părților superioare ale acoperișului, determinate de variații de temperatură și de umiditate. Pentru evitarea acestor degradări se impun măsuri corespunzătoare: prevederea unor șape de egalizare sub bariera de vapori și deasupra ei (sau eventual un strat de nisip), circulație pe podini și cu cizme de cauciuc în timpul execuției etc.

14.5.4. IZOLAȚII TERMICE LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

Izolația termică are un rol esențial în ceea ce privește comportarea higrotermică a acoperișurilor calde, neventilate deoarece:

— limitează pierderile de căldură în perioada rece a anului iar în timpul verii reduce fluxul de căldură care tinde să pătrundă de la exterior spre interior;

— reduce la minimum variațiile de temperatură ale structurii de rezistență;

— influențează migrația apei în structura acoperișului și evitarea fenomenelor de condens.

Sortimentul de materiale eficiente cu care se pot realiza termoizolațiile la acoperișurile calde este foarte bogat: spume rigide din mase plastice, produse pe bază de vată și pîslă minerală, betoane ușoare, umpluturi cu material în vrac etc.

Pentru a corespunde cerințelor, termoizolația trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să fie suficient de rigidă, astfel încît să nu se taseze sub acțiunea greutății straturilor superioare și a celorlalte încărcări (zăpadă, utile etc.);

— să nu își modifice proprietățile la temperaturile relativ ridicate și apoi scăzute care intervin sub învelitoare;

— să nu prezinte spații libere; plăcile rigide vor fi dispuse alăturat, de preferință în două rînduri, cu rosturile decalate (v. fig. 14.61) iar plăcile elastice vor fi presate, astfel încît să umple perfect locul ce le este destinat;

— să nu favorizeze acumularea apei prin condens, să nu conducă la umidități exagerate și să revină la starea de echilibru higroscopic în timpul sezonului cald, cînd are loc evaporarea apei acumulate.

Împreună cu celelalte straturi care compun acoperișul cald, termoizolația trebuie să permită satisfacerea condițiilor prescrise de STAS 6472/3-73, în raport cu destinația clădirii.

14.5.5. REALIZAREA STRATULUI SUPORT AL HIDROIZOLAȚIEI

Acest strat îndeplinește în primul rînd funcțiunea de a asigura o suprafață continuă, netedă, plană în cîmp și rotunjită la contactul cu elementele verticale, pe care să poată fi așezată hidroizolația (fig. 14.66). În același timp, suportul contribuie la îmbunătățirea condițiilor de solicitare a hidroizolației și termoizolației, moderînd intensitatea și efectul acțiunilor termice la care sînt supuse. Astfel, dacă între hidroizolație și termoizolație se află un strat suport capabil să absoarbă o parte din căldura pe care învelitoarea o primește de la soare, atunci temperaturile maxime pe suprafața învelitorii sînt mai mici. Capacitatea de acumulare a căldurii de către stratul suport este proporțională cu valoarea coeficientului de asimilare termică, ($S = 0{,}59 \sqrt{\lambda c \rho}$). Ținînd seama de faptul că hidroizolația se execută din materiale pe bază de bitum care nu rezistă la temperaturi ridicate, se interzice executarea acoperișurilor cu hidroizolația montată direct pe termoizolație, exceptînd cazul în care există o protecție care atenuează efectul radiației solare (dale prefabricate, pietriș gros etc.).

Atunci cînd hidroizolația se aplică prin procedeul la cald (cu bitum topit), stratul suport are și funcțiunea de a proteja termoizolația executată din materiale plastice (polistiren celular), care s-ar putea distruge din cauza temperaturilor ridicate.

În mod obișnuit, suportul hidroizolației este constituit dintr-o șapă de mortar de ciment M 100 *a*, drișcuită, cu grosimea de 30...35 mm. Pentru evitarea fisurilor care se produc din cauza contracțiilor la variații de temperatură și umiditate, suportul se armează cu o rețea de bare ∅ 4...6 mm cu ochiuri de 200...250 mm. Armarea este obligatorie în cazul cînd suportul este compresibil (pîslă) sau constituit dintr-o umplutură pilonată (granulit) dar poate lipsi dacă termoizolația este rigidă. Grosimea șapei poate fi mai mică dacă termoizolația este plană (plăci mari din beton celular autoclavizat etc.). Pentru evitarea apariției fisurilor din contracție, la distanțe de 4...6 m, se lasă rosturi care se umplu cu mastic de bitum. În jurul gurilor de scurgere, pe distanță de 30 cm, stratul suport trebuie să aibă o pantă de cel puțin 5 % și o adîncitură în care să poată fi aplicat un strat suplimentar de hidroizolație. La racordări între suprafețe verticale și orizontale scafele, trebuie să fie rigide pentru a nu permite forfecarea hidroizolației.

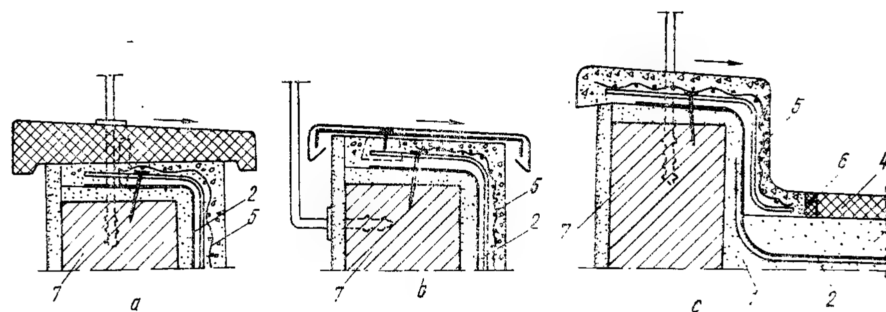


Fig. 14.66. Detalii de execuție a protecției și a stratului suport în dreptul aticului:
a – protejarea aticului cu elemente prefabricate din beton armat; *b* – protejarea aticului cu tablă; *c* – protejarea aticului cu mortar de ciment, armat cu plasă de rabiț; *1* – strat suport al hidroizolației; *2* – hidroizolație ridicată pe atic; *3* – strat drenant din nisip; *4* – protecția hidroizolației cu dale prefabricate; *5* – protecția hidroizolației pe atic cu mortar de ciment armat cu plasă de rabiț; *6* – dop de bitum; *7* – atic.

Înainte de montarea hidroizolației, stratul suport se verifică din punctul de vedere al planeității, pantelor, calității mortarului și umidității.

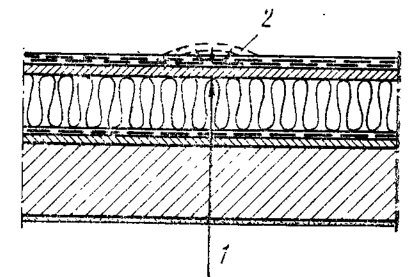


Fig. 14.67. Defecte ale hidroizolației datorate migrării vaporilor de apă de la interior spre exterior:
1 – migrația vaporilor de apă; *2* – bășică formată sub hidroizolație.

După cum se știe, deși există bariera de vapori, sub învelitoare se manifestă tendința de acumulare a apei, ca rezultat al difuziei vaporilor. Cînd temperatura exterioară este coborîtă, are loc fenomenul de condens, iar cînd partea superioară a acoperișului se încălzește sub efectul radiației solare, apa se transformă în vapori. Presiunea vaporilor crește și determină formarea unor bășici; concomitent cu desprinderea locală a învelitorii de pe suport, hidroizolația fiind puternic solicitată, se rupe (fig. 14.67). Stratul de difuzie a vaporilor are tocmai rolul de a împiedica acest lucru, creînd sub învelitoare, un spațiu subțire de migrație care se pune în contact cu atmosfera prin deflectoare și pe perimetrul construcției.

Ca materiale pentru realizarea stratului de difuzie se utilizează cartonul bitumat blindat tip *CBP* sau împîslitura de fibră de sticlă bitumată blindată, tip *IBP*. Ambele sînt perforate și prevăzute cu nisip grăunțos aderent pe fața inferioară.

Straturile de difuzie a vaporilor se dispun sub hidroizolație și uneori sub bariera de vapori sau sub ambele, acolo unde se apreciază că există riscul acumulării apei și apariției unor suprapresiuni (fig. 14.68). Dacă stratul de difuzie este așezat sub hidroizolație, prin acesta se asigură prinderea discontinuă a învelitorii pe stratul suport.

Ar fi nejustificat să se considere că stratul de difuzie asigură respirația acoperișului sau uscarea lui. Circulația tangențială a vaporilor de apă prin filtrare sau difuzie, ca și a aerului, întîmpină rezistențe enorme deoarece stratul de aer liber este extrem de subțire iar distanțele parcurse sînt mari. Distanța excesiv de mică pe care o pot menține grăunțele de nisip între învelitoare și suportul

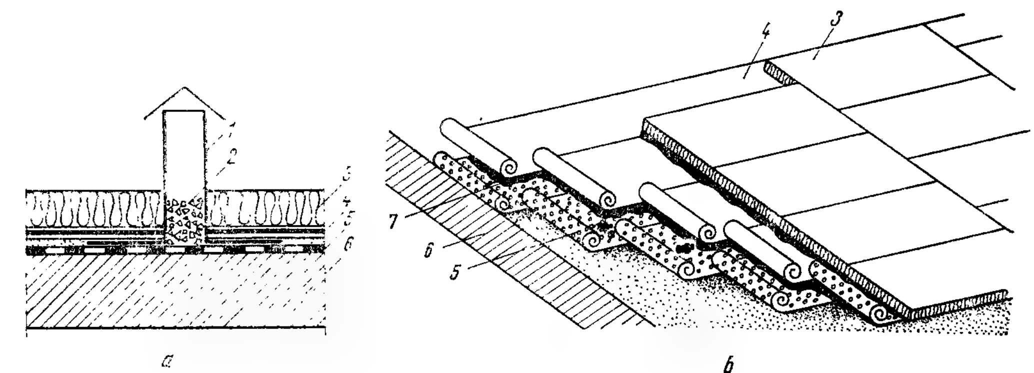


Fig. 14.68. Barieră de vapori pe strat de difuzie din carton bitumat perforat și blindat cu nisip grăunțos:
a – secțiune; *b* – vedere; *1* – deflector pentru ventilarea stratului de difuzie; *2* – material granular; *3* – termoizolație; *4* – barieră de vapori; *5* – strat de difuzie; *6* – planșeu; *7* – mastic de bitum pentru lipirea barierei de vapori pe stratul de difuzie.

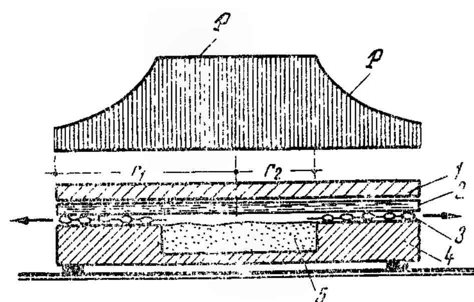


Fig. 14.69. Dispozitiv circular din aluminiu pentru măsurarea permeabilității la vaporii de apă a straturilor de difuzie prin cîntărire la intervale regulate:

1 – capac; *2* – strat de carton bitumat; *3* – granule de nisip; *4* – strat suport; *5* – nisip îmbibat cu apă; *p* – diagramă de variație a presiunii parțiale a vaporilor de apă.

său scade cu timpul sub efectul încărcărilor verticale, temperaturii și curgerii lente a materialelor plastice (în special, a bitumului). Numai în cazul cînd există diferențe mari de presiune, stratul de difuzie permite migrația vaporilor, dar pe distanțe nu prea mari.

Cercetări efectuate în laborator (cu dispozitivul din figura 14.69) de către autori, asupra permeabilității la vaporii de apă a cartonului bitumat blindat cu nisip grăunțos conduc la concluzia că acesta are o eficiență foarte mică și nu poate contribui la uscarea acoperișului. Permeabilitatea tangențială la vapori de apă a stratului de difuzie este inferioară celei pe care o prezintă termoizolația. Rezultate eficiente se obțin cu materiale de tipul celor din figura 14.70, care creează canale de difuzie sau prin așezarea distanțată a plăcilor rigide de termoizolație (fig. 14.71). Utilizarea stratului de difuzie din foi blindate poate fi considerată satisfăcătoare numai la construcții de acoperișuri peste spații cu umidități relative interioare care nu depășesc 60...70%.

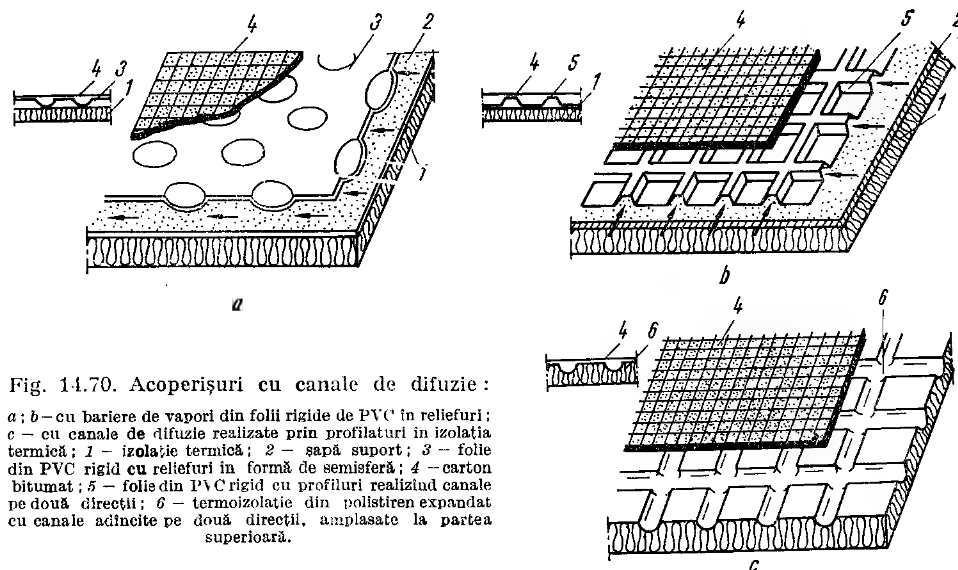
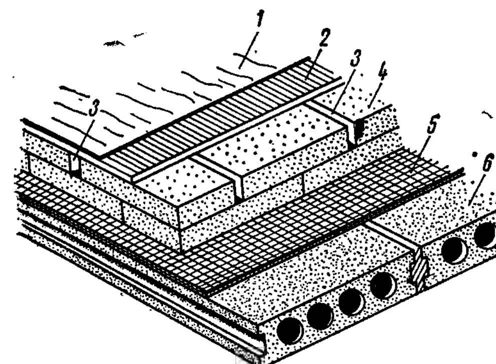


Fig. 14.70. Acoperișuri cu canale de difuzie:

a; *b* – cu bariere de vapori din folii rigide de PVC în reliefuri; *c* – cu canale de difuzie realizate prin profilaturi în izolația termică; *1* – izolație termică; *2* – șapă suport; *3* – folie din PVC rigid cu reliefuri în formă de semisferă; *4* – carton bitumat; *5* – folie din PVC rigid cu profiluri realizînd canale pe două direcții; *6* – termoizolație din polistiren expandat cu canale adîncite pe două direcții, amplasate la partea superioară.



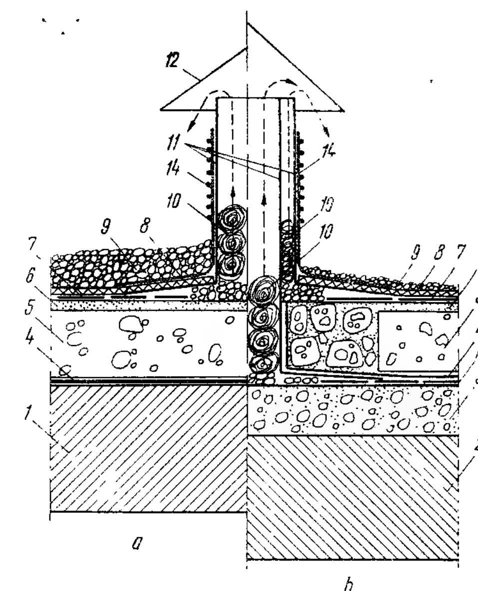


Fig. 14.71. Acoperiș cu canale de difuzie realizate prin dispunerea distanțată a plăcilor de termoizolație:

1 – izolație hidrofugă; *2* – șapă suport; *3* – canal de difuzie; *4* – izolație termică din plăci de BCA în dublu strat, stratul al doilea avînd plăcile dispuse distanțat; *5* – barieră de vapori; *6* – planșeu din elemente prefabricate.

Fig. 14.72. Detaliu de montare a deflectoarelor:

a – deflector simplu pentru stratul de difuzie amplasat sub hidroizolație; *b* – deflector dublu pentru două straturi de difuzie; *1* – planșeu de rezistență așezat în pantă; *2* – planșeu de rezistență orizontal; *3* – beton de pantă; *4* – barieră de vapori; *5* – izolație termică; *6* – strat suport al hidroizolației; *7* – strat de difuzie sub hidroizolație; *8* – hidroizolație; *9* – strat de protecție a hidroizolației; *10* – pîslă; *11* – deflector din tablă; *12* – căciula deflectorului; *13* – strat de difuzie sub bariera de vapori; *14* – strat suplimentar de hidroizolație, lipit pe pereții deflectorului și legat cu sîrmă.

Este foarte important ca stratul de difuzie sau rețeaua de canale înguste să comunice cu atmosfera prin guri de aerisire în cîmp (deflectoare) și la marginile acoperișului. Dispunerea deflectoarelor este obligatorie dacă lățimea acoperișului depășește 12 m. Fiecare deflector poate deservi o suprafață de acoperiș pînă la 120 m². În figura 14.72 este prezentat detaliul de alcătuire și montare a deflectoarelor pentru unul sau două straturi de difuzie. Dacă pe conturul acoperișului nu se poate realiza o comunicare liberă între stratul de difuzie și aerul exterior, se prevăd dispozitive speciale de aerare, de genul celor prezentate în figura 14.73.

La stabilirea detaliilor pentru acoperișuri terasă trebuie analizate cu atenție, pe lîngă posibilitățile de infiltrare a apelor din exterior, migrația vaporilor de apă și, în general, comportarea acoperișului în timp. Aceasta implică calcule, experimentări de laborator și la scară naturală înainte ca sistemul să poată fi generalizat. Unele alcătuiri considerate acoperitoare, la care fenomenele nu au fost corect apreciate au condus la rezultate nefavorabile. Astfel, poate fi citat exemplul acoperișului pentru o hală blindată din industria textilă, în care umiditatea relativă interioară ridicată era impusă de procesul tehnologic de fabricație. Soluția adoptată prevedea straturi de izolare hidrofugă, termică și barieră de vapori, evident supradimensionate (fig. 14.74) și strat de protecție din aluminiu, impermeabil la vapori de apă, dispus la suprafața exterioară. În această situație, acoperișul a devenit un fel de capcană atît pentru apa inițială de construcție (introdusă odată cu plăcile de beton celular autoclavizat umede), cît și pentru apa care pătrundea încet de jos în sus prin difuzia vaporilor în ciuda barierei care a fost dispusă la partea inferioară a termoizolației. Rezultatul a fost nesatisfăcător, întrucît sub hidroizolație s-a adunat din ce în ce mai multă apă care a început să influențeze negativ capacitatea de izolare termică.

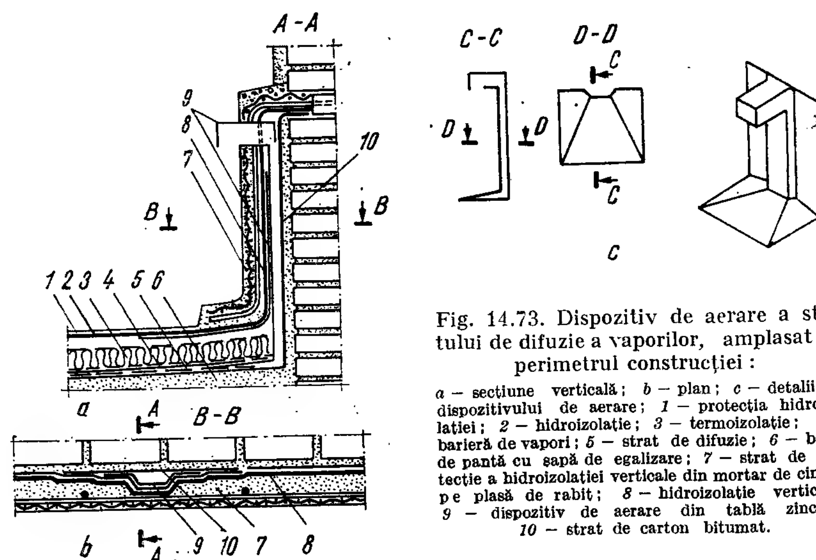


Fig. 14.73. Dispozitiv de aerare a stratului de difuzie a vaporilor, amplasat pe perimetrul construcției :

a – secțiune verticală ; *b* – plan ; *c* – detalii ale dispozitivului de aerare ; *1* – protecția hidroizolației ; *2* – hidroizolație ; *3* – termoizolație ; *4* – barieră de vapori ; *5* – strat de difuzie ; *6* – beton de pantă cu șapă de egalizare ; *7* – strat de protecție a hidroizolației verticale din mortar de ciment pe plasă de rabit ; *8* – hidroizolație verticală ; *9* – dispozitiv de aerare din tablă zincată ; *10* – strat de carton bitumat.

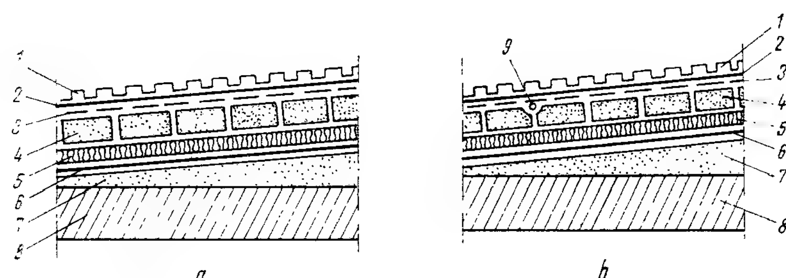


Fig. 14.74. Soluție de acoperiș terasă la o hală din industria textilă cu $\varphi_i > 60\%$:

a – soluție inițială ; *b* – soluție îmbunătățită ; *1* – protecție din tablă cutată de aluminiu ; *2* – izolație hidrofugă cu împîslitură de sticlă ; *3* – strat de difuzie din carton bitumat blindat ; *4* – izolație termică din plăci de BCA ; *5* – izolație termică din polistiren expandat de 2,4 cm grosime ; *6* – barieră de vapori ; *7* – strat de pantă din beton ușor cu granulit ; *8* – planșeu ; *9* – țevi de aerisire comunicante cu deflectoarele.

Vara, la orele de temperatură maximă, apa captivă se transforma în vapori cu presiune mărită, determinînd umflarea învelitorii. Remedierea a putut fi asigurată prin dispunerea pe acoperiș a unor deflectoare care să permită eliminarea treptată a apei sub formă de vapori. O învelitoare obișnuită, care ar fi permis difuzia vaporilor de apă spre exterior, s-ar fi comportat mai bine și ar fi costat mai puțin.

14.5.6. REALIZAREA IZOLAȚIEI HIDROFUGE LA ACOPERIȘURILE CALDE, NEVENTILATE

La acoperișurile calde, neventilate, învelitoarea trebuie să asigure o protecție totală împotriva infiltrațiilor de apă ; din această cauză ea trebuie să fie continuă și este de fapt o izolație hidrofugă.

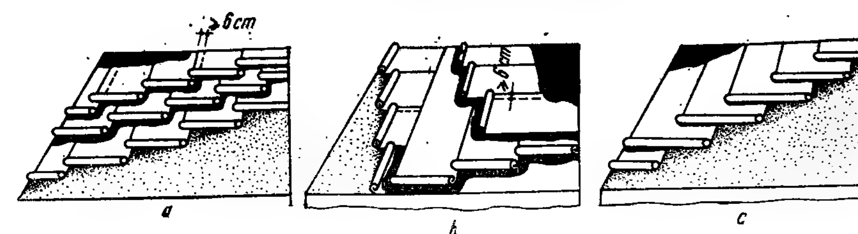


Fig. 14.75. Modalități de dispunere a straturilor de bitum și ale foilor bitumate (țesături, carton etc.) :

a – succesiv ; *b* – încrucișat ; *c* – suprapus.

Expusă la radiații, la variații mari de temperatură (uneori între $-15 \ldots +80°C$), la deformații apreciabile ale suportului, la pericolul de putrezire și la presiuni locale, învelitoarea trebuie să satisfacă condiții severe în ceea ce privește materialele utilizate cît și ca alcătuire.

Pentru realizarea hidroizolațiilor pot fi utilizate : straturi de bitum armate cu fibre de sticlă, cu fibre vegetale sau cu țesături din mase plastice care conferă izolației hidrofuge capacitatea de a prelua eforturi de întindere și o anumită elasticitate ; folii de aluminiu acoperite cu bitum sau folii din mase plastice.

Tipul cel mai răspîndit de hidroizolație este cel în straturi succesive de bitum armat cu fibre (sistemul multistrat – fig. 14.75 și 14.76), care poate fi dispus pe stratul suport în mod independent, semiindependent sau aderent (fig. 14.77).

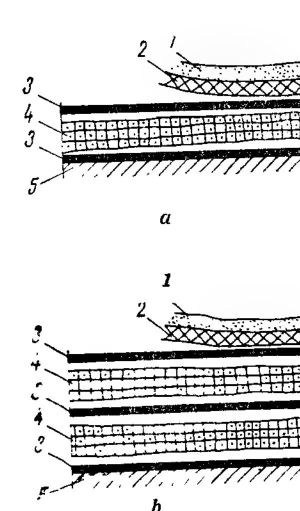


Fig. 14.76. Izolații hidrofuge cu straturi succesive de bitum și foi bitumate :

a – cu un strat de carton bitumat și unul de pînză impregnată ; *2* – cu un strat de carton bitumat și două de pînză impregnată ; *1* – șapă de protecție din mortar de ciment, nisip și bitum filerizat ; *2* – carton bitumat ; *3* – bitum sau mastic de bitum filerizat ; *4* – pînză impregnată ; *5* – strat suportt.

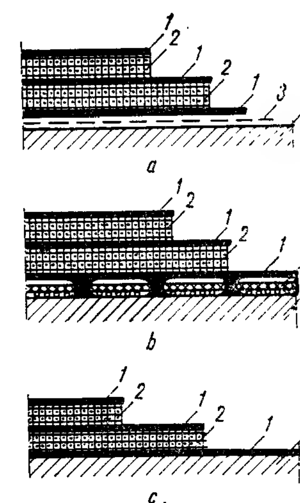


Fig. 14.77. Sisteme de fixare a izolației hidrofuge pe stratul suport :

a – independent ; *b* – semiindependent ; *c* – aderent ; *1* – bitum sau mastic de bitum filerizat ; *2* – carton sau pînză bitumată ; *3* – hîrtie Kraft nelipită ; *4* – strat suport ; *5* – carton bitumat perforat, cu nisip grăunțos la partea inferioară.

Sistemul independent se utilizează la acoperişuri cu panta sub 50%, pe orice tip de strat suport. Straturile hidroizolaţiei nu aderă pe suport deoarece nu sînt lipite de acesta. Independenţa hidroizolaţiei faţă de suport este asigurată cu un strat de hîrtie Kraft dispusă pe toată suprafaţa. Sistemul se comportă avantajos atunci cînd suportul prezintă deformaţii din cauza variaţiilor de umiditate, de temperatură sau din alte motive, izolaţia hidrofugă fiind astfel mai puţin solicitată. Dacă se utilizează acest sistem, acoperişul necesită o protecţie de tip greu, pentru a împiedica smulgerea învelitorii de către vînt. Pantele mari nu sînt admise deoarece există pericolul de lunecare a învelitorii pe stratul suport.

Sistemul semiindependent, aplicat curent în ţara noastră, se caracterizează prin faptul că hidroizolaţia este lipită de suport numai prin puncte (de exemplu, prin găurile cartonului bitumat blindat utilizat ca strat de difuzie). Normele franceze recomandă acest sistem numai pentru acoperişuri cu pante peste 5% deoarece la pante mai mici este raţional să se folosească sistemul independent.

Sistemul aderent se caracterizează prin faptul că hidroizolaţia este lipită pe toată suprafaţa suportului, fiind supusă la solicitări importante dacă deformaţiile suportului sînt mari (se admite maximum 1 mm). Ţinînd seama de acest fapt, sistemul aderent se recomandă numai dacă există motive speciale (de exemplu, pantă mare a stratului suport).

Continuitatea hidroizolaţiei se asigură prin suprapuneri ale straturilor de armare din pînză sau carton, la capete şi lateral.

Se deosebesc două sisteme de punere în operă a hidroizolaţiilor cu bitum:

— *prin metoda la cald* pe suport uscat, cu minimum două straturi de bitum, la lucrările provizorii şi trei, la cele definitive, folosind masticuri topite (fierbinţi) şi pînză gata impregnată din fabrică sau carton.

— *prin metoda la rece*, pe suport în prealabil umezit, folosind straturi alternative de ţesătură impregnată pe şantier şi suspensie de bitum filerizat.

Hidroizolaţiile nu pot fi executate în sezonul rece. Metoda la cald cere timp uscat pentru ca suportul să nu fie umed şi pentru ca bitumul să rămînă cald la punerea în operă spre a adera şi a se întinde în straturi subţiri, pătrunzînd în ţesătură. Dacă suportul este umed, bitumul fierbinte face să se degajeze vapori de apă care împiedică orice aderenţă şi determină apariţia de băşici, care cresc ulterior şi au un efect negativ asupra învelitorii. Metoda la rece implică o temperatură pozitivă ca să nu existe riscul de îngheţ al apei, înainte ca aceasta să se fi evaporat şi o umiditate scăzută a aerului, ceea ce de asemenea, nu se poate asigura decît la temperaturi de peste 5°C.

Învelitorile realizate din ţesături organice (cînepă, celuloză etc.) sînt expuse riscului de putrezire dacă nu sînt bine înglobate în bitum şi dacă apele staţionează un timp mai îndelungat pe suprafaţa lor.

14.5.7. REALIZAREA STRATULUI DE PROTECŢIE A HIDROIZOLAŢIEI

Acesta este ultimul strat care se dispune pe suprafaţa acoperişului, pentru a asigura protecţia corespunzătoare a hidroizolaţiei faţă de acţiunile rezultate din: radiaţia solară, şocuri mecanice, diferenţe de temperatură, uzură etc.

Stratul de protecţie poate determina o reducere a temperaturii pe suprafaţa învelitorii prin:

— mărirea factorului de reflexie a radiaţiilor şi în acest scop se execută lucios şi de culoare deschisă;

— mărirea inerţiei termice a acoperişului şi chiar a rezistenţei la trecerea căldurii de la suprafaţa acestuia pînă la învelitoare (protecţie cu dale, pietriş etc.).

În ceea ce priveşte solicitările mecanice, trebuie să se facă distincţie între terasele circulabile şi cele care sînt doar accesibile (necirculabile). Acoperişurile-terasă circulabile sînt destinate unor activităţi gospodăreşti sau comerciale (uscătorii, cofetării, restaurante etc.). Acoperişurile necirculabile trebuie să permită accesul pentru întreţinere, a cărei importanţă nu trebuie subestimată.

În cazul teraselor circulabile, protecţia hidroizolaţiei se asigură cu plăci sau dale din beton armat, uneori mozaicate, montate pe un strat filtrant din pietriş, granulit sau nisip (fig. 14.78, *a*, *b*). Apa care se infiltrează prin rosturile dintre dale şi ajunge la stratul de hidroizolaţie, se scurge urmărind linia de cea mai mare pantă către gurile de scurgere fixate în acest scop. Mai rar, protecţia hidroizolaţiei se asigură cu plăci prefabricate montate pe un pat de mortar (fig. 14.78, *c*), ori pe reazeme speciale sau cu mozaic turnat (fig. 14.78, *d*).

Dacă pe terase se circulă numai pentru întreţinere, protecţia cea mai indicată se realizează cu pietriş, fără dale (fig. 14.78, *a*). Cu acest tip de protecţie se obţine un preţ de cost scăzut şi se face economie de ciment; uscarea este favorizată iar încălzirea în timpul verii este mai slabă. Mai puţin avantajoasă în exploatare este protecţia cu un strat suplimentar de carton bitumat peste care se toarnă o şapă din mortar de ciment, nisip şi suspensie de bitum filerizat (fig. 14.79, *b*). Protecţia în timp de vară împotriva creşterii excesive a temperaturii la partea superioară a acoperişului se poate obţine şi cu învelitori numite *autoprotejate*. Acestea au la partea superioară un strat metalic subţire, care reflectă radiaţiile solare (fig. 14.79, *c*). Un astfel de material numit VERAL este realizat dintr-o

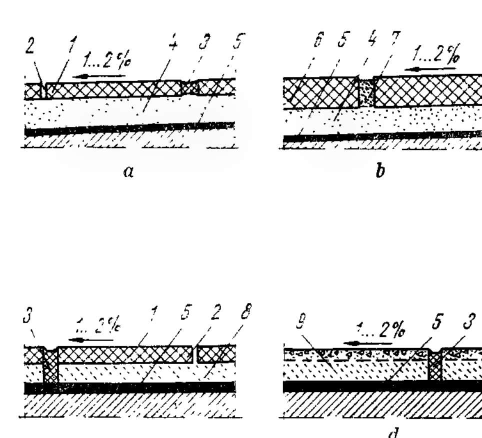


Fig. 14.78. Straturi de protecţie la acoperişuri-terasă circulabile:

a — din plăci prefabricate pozate în nisip; *b* — din dale prefabricate pozate în nisip; *c* — din plăci prefabricate aşezate în mortar; *d* — din mozaic turnat în panouri; *1* — plăci prefabricate cu dimensiunile 20×20×2cm; *2* — rost curent de 1...2 mm, umplut cu lapte de ciment; *3* — rosturi la distanţe de 4...6 m, umplute cu mastic de bitum; *4* — nisip grăunţos; *5* — hidroizolaţie; *6* — dale prefabricate cu dimensiunile 40×40×4 cm sau 50×50×4 cm; *7* — rost curent de 1...2 cm umplut cu nisip; *8* — mortar de ciment; *9* — mozaic turnat.

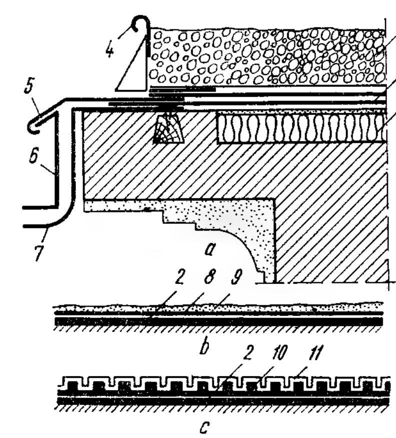


Fig. 14.79. Straturi de protecţie la acoperişuri-terasă necirculabile:

a — din pietriş; *b* — din şapă de ciment şi bitum filerizat; *c* — din folii de aluminiu cutat; *1* — izolaţie termică; *2* — izolaţie hidrofugă; *3* — strat de protecţie din pietriş; *4* — pazie de tablă; *5* — şorţ de tablă; *6* — jgheab; *7* — cîrlig pentru susţinerea jgheabului; *8* — strat suplimentar de carton bitumat; *9* — şapă din mortar de ciment, nisip şi suspensie de bitum filerizat; *10* — împîslitură din fibre de sticlă bitumată; *11* — aluminiu cutat.

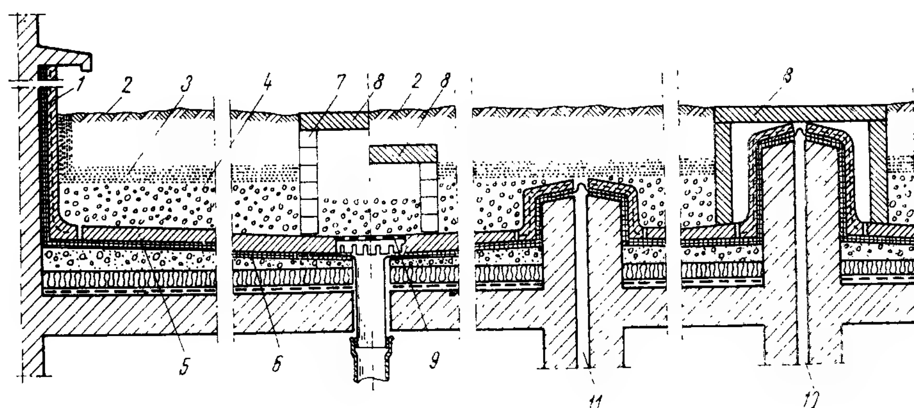


Fig. 14.80. Acoperiș-terasă amenajat ca grădină:

1 – hidroizolație verticală pentru protecție la zăpezi, ploi cu vînt sau inundarea acoperișului cînd se înfundă gurile de scurgere; *2* – pămînt vegetal; *3* – carton ondulat permeabil; *4* – pietriș; *5* – protecția hidroizolației (șapă sau dale); *6* – hidroizolație; *7* – canal colector din cărămidă perforată; *8* – capac demontabil; *9* – scurgere cu grilă; *10* – rost vizibil; *11* – rost ascuns.

împîslitură din fibră de sticlă bitumată, acoperită cu o foiță cutată din aluminiu. Eficiența nu este foarte bună în timp, întrucît absorbția acestei suprafețe devine din ce în ce mai mare, pe măsură ce metalul se acoperă cu praf și capătă o culoare închisă.

Pentru protecția împotriva încălzirii, s-a încercat vopsirea periodică a acoperișurilor cu alb, obținîndu-se vara o scădere efectivă a temperaturilor la ultimul nivel. În țările calde se folosesc diverse sisteme cu bazine de apă, dispozitive de stropire și ventilare etc. Acoperișul terasă poate fi amenajat și ca grădină, partea superioară fiind în acest caz acoperită cu un strat de pământ vegetal (fig. 14.80).

14.5.8. ACOPERIȘURI UȘOARE

În ultimul timp, au căpătat o utilizare din ce în ce mai mare soluțiile de acoperișuri autoportante foarte ușoare, cu izolare termică din polistiren celular sau pîslă pe elemente portante ondulate din azbociment sau tablă cutată (fig. 14.81), aplicabile la numeroase tipuri de clădiri. Rezultă reducerea costului investiției, scăderea greutății proprii a clădirii și consumuri minime de materiale. Astfel de soluții, aplicate curent în străinătate, încep a fi utilizate și în țara noastră. La aceste tipuri de acoperișuri partea superioară este o învelitoare de tablă

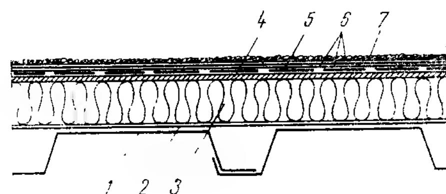


Fig. 14.81. Acoperiș ușor:

1 – panouri cutate din tablă zincată, protejate anticorosiv cu grund reactiv și soluție de bitum tăiat; *2* – barieră contra vaporilor din carton bitumat; *3* – termoizolație din polistiren celular; *4* – șapă suport din mortar pe bază de aracet; *5* – strat de difuzie din carton bitumat perforat; *6* – hidroizolație bituminoasă; *7* – protecția hidroizolației cu pietriș mărgăritar.

profilată, din pînză ori carton bitumat. Rezultă că acoperișul poate fi considerat ca aparținînd tipului rece (învelitoare ondulată care permite ventilarea activă) sau tipului cald (învelitoare bituminoasă pe termoizolație).

14.6. ACOPERIȘURI CALDE, VENTILATE

14.6.1. CARACTERISTICI GENERALE

Din cauza fenomenelor de condens, acoperișurile calde, neventilate nu pot fi utilizate peste încăperi cu umiditate relativă interioară mare. Acoperișurile calde, ventilate (v. fig. 14.12) constituie o perfecționare relativ recentă a soluțiilor de acoperișuri și se caracterizează prin faptul că includ spații libere (pătură continuă sau rețea de canale) pentru ventilare (fig. 14.82 și 14.83). Aerul care circulă prin interiorul acoperișului antrenează vaporii de apă și îi conduce spre exterior mult mai repede decît este posibil prin procesul de difuzie.

Deși prezintă unele asemănări cu acoperișurile reci de tipul arătat în figurile 14.26 și 14.27, aceste acoperișuri ventilate trebuie considerate calde întrucît:

— exceptînd faptul că sînt prevăzute cu un spațiu de ventilare, structura lor este identică cu cea a acoperișurilor calde;

— nu au pod (canalele ori spațiul liber au o înălțime foarte mică, atît cit este necesar pentru ventilare);

— aerul nu străbate învelitoarea care este continuă și impermeabilă;

— influența ventilării asupra regimului de temperatură al acoperișului este mică, limitată la o porțiune de capăt, astfel că învelitoarea se află iarna la o temperatură superioară celei de la acoperișurile reci și identică cu cea a acoperișului cald cu structură corespunzătoare.

Pentru proiectarea acoperișurilor calde ventilate trebuie să se calculeze:

— viteza de circulație a aerului în spațiul de ventilare;

— efectul ventilării asupra temperaturii diverselor straturi ale acoperișului;

— influența ventilării asupra regimului de umiditate a acoperișului.

În cele ce urmează se prezintă aspecte fundamentale care permit să se aprecieze influența ventilării interioare asupra comportării higrotermice a acoperișurilor calde.

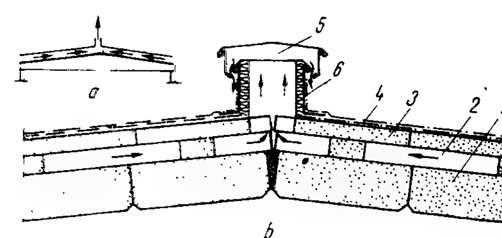


Fig. 14.82. Acoperiș cald cu spațiu de ventilare continuu și cu planșeu termoizolant din fîșii de BCA [102];

a – schema acoperișului; *b* – detaliu de acoperiș în dreptul deflectorului; *1* – fîșii din BCA; *2* – spațiu de ventilare; *3* – strat suport al hidroizolației din fîșii de BCA; *4* – hidroizolație; *5* – deflector larg cu izolație termică; *6* – strat de protecție a termoizolației deflectorului.

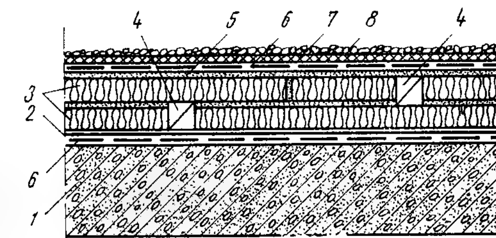


Fig. 14.83. Detaliu de acoperiș cald, ventilat cu canale interioare dispuse în termoizolație:

1 – planșeu; *2* – barieră de vapori, *3* – termoizolație; *4* – canale de aerisire; *5* – șapă suport din mortar de ciment; *6* – strat de difuzie; *7* – izolație hidrofugă; *8* – protecție cu nisip grăunțos.

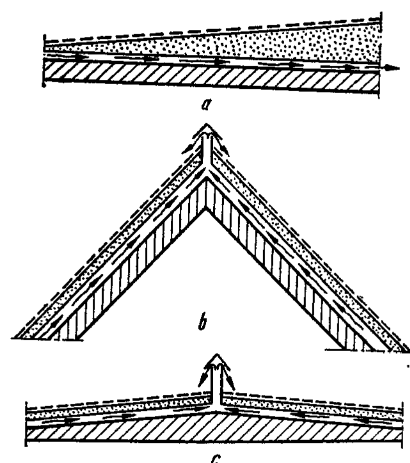


Fig. 14.84. Realizarea circulației aerului prin spațiile de ventilare la acoperișurile calde, ventilate:

a – datorită vîntului; *b* – datorită diferențelor de temperatură; *c* – datorită acțiunii concomitente a vîntului și a diferențelor de temperatură.

14.6.2. CALCULUL VITEZEI AERULUI ÎN SPAȚIUL DE VENTILARE

Circulația aerului in spațiul de ventilare este determinată de vînt și de diferențele de temperatură acționînd concomitent sau separat (fig. 14.84).

Pentru calculul vitezei de circulație a aerului în spațiul de ventilare trebuie stabilite diferențele de presiune între capetele spațiului de ventilare determinate de ansamblul cauzelor susmenționate și rezistența opusă de spațiul de ventilare la trecerea aerului.

În cazul general:

$$\Delta P = \Delta P_v \pm \Delta P_t, \qquad (14.1)$$

unde: P este diferența totală a presiunilor la capetele spațiului de ventilare, în daN/m²;

P_v — diferența de presiune dinamică la capetele spațiului de ventilare, generată de vînt, în daN/m²;

P_t — diferența de presiune determinată de diferențele de temperatură, în daN/m².

14.6.2.1. **Diferența de presiune cauzată de vînt.** Pentru aprecierea corectă a diferenței de presiune dinamică generată de către vînt, ΔP_v, sînt necesare cercetări experimentale în tunelul aerodinamic. Valorile cunoscute ale presiunii normate, utilizate la dimensionarea de rezistență a clădirilor, nu sînt utile deoarece au la bază vitezele maxime ale vîntului și folosirea lor ar conduce la rezultate care nu se ating în realitate decît foarte rar și pentru intervale extrem de scurte (furtuni). În problema tratată sînt necesare presiunile din vînt la viteza medie a acestuia în localitate și perioada de timp analizată, cu luarea în considerare a orientării și particularităților aerodinamice ale construcției. Vitezele medii ale vîntului pentru condiții de iarnă sînt prezentate în STAS 6472/5-73; în tabelul 14.2 se dau valori pentru cîteva localități din țară.

Tabelul 14.2

Localitatea	Viteza medie a vîntului, m/s
Caransebeș	1,4 (valoarea minimă în R.S. România)
Brașov	2,7
București	2,9
Iași	4,0
Arad	4,2
Oradea	4,3
Cluj-Napoca	4,6
Constanța	5,3
Drobeta-T. Severin	6,5 m/s (valoarea maximă în R.S. România)

Presiunea dinamică de bază a vîntului, pentru o viteză v, într-un punct care nu este influențat de construcție, poate fi stabilită cu relația:

$$g_v = \frac{v^2\rho}{2g} = \frac{v^2}{\frac{2\cdot 9{,}81}{1{,}20}} \simeq \frac{v^2}{16}. \qquad (14.2)$$

În prima aproximație, coeficienții aerodinamici, c, pot fi luați aceiași ca și pentru calculul încărcărilor, deoarece pentru obiectele cu muchii vii, caracterul curgerii se menține într-un domeniu mare de viteze cu condiția ca valorile criteriului R e y n o l d s să rămînă mai mari ca 2500. Astfel, valoarea presiunii dinamice, P_v, în puncte situate pe construcție, se poate calcula cu relația:

$$P_v = \beta c g_v \simeq \beta c \frac{v^2}{16}. \qquad (14.3)$$

Pe această bază se pot determina diferențele de presiune, ΔP_v, între capetele spațiilor de ventilare, pentru diverse zone ale acoperișului.

14.6.2.2. **Diferența de presiune cauzată de diferențele de temperatură.** Se stabilește ca și în cazul tirajului coșurilor, cu relația:

$$\Delta P_t = h(\gamma_{ie} - \gamma_{med}) \simeq 5\cdot 10^{-3}(\theta_{ie} - \theta_{med})h, \qquad (14.4)$$

unde: γ_{ie}; γ_{med} este greutatea specifică a aerului la ieșirea din spațiul de ventilare, respectiv cea medie, în daN/m³;

h — diferența de înălțime între punctele de admisie și de evacuare a aerului, în m;

θ_{ie} — temperatura la ieșirea din spațiul de ventilare, în °C;

θ_{med} — temperatura medie în spațiul de ventilare, în °C.

14.6.2.3. **Căderea de presiune în spațiul de ventilare.** Pierderea de presiune, ΔH, în spațiul de ventilare, creată de rezistența la trecerea aerului poate fi determinată cu relația:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^{n} \xi_i \frac{v_i^2}{16}, \qquad (14.5)$$

în care ξ_i este un coeficient adimensional de rezistență la trecerea aerului în zone caracteristice ale spațiului de ventilare (la ieșire, cotituri, în zonă curentă), iar v_i — vitezele aerului în zonele respective ale spațiului de ventilare, în m/s.

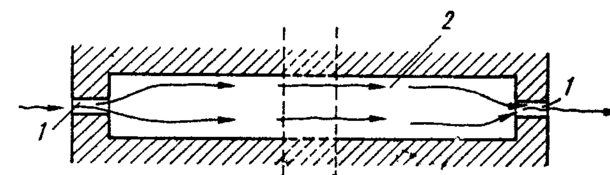
Pentru coeficienții ξ_i se dau, în general, următoarele valori:

0,5 la orificiul de ieșire din canal;
1,0 la orificiul de admisie în canal;
1,0 la fiecare schimbare de direcție a canalului;
2,8 pentru întregul canal de forma prezentată în figura 14.85.

Se menționează că, de regulă, spațiile de ventilare au orificii de admisie și de evacuare înguste față de restul acoperișului. Din această cauză, se poate

Fig. 14.85. Spațiu de ventilare cu orificii de admisie și de evacuare mai înguste decît secțiunea curentă;

1 – orificii de admisie și de evacuare; *2* – secțiune curentă în cîmp.



admite că întreaga rezistenţă la trecerea aerului este concentrată în aceste orificii, cu atît mai mult cu cît aici viteza aerului, v_g, este mare în raport cu cea din secţiunea curentă, v_s. Această alcătuire cu orificii îngustate sau umplute cu un material poros (pîslă, pietriş) este justificată de mai multe motive : oprirea accesului păsărilor, insectelor şi ploii, împiedicarea răcirii excesive la marginea acoperişului, probleme de estetică etc.

14.6.2.4. **Viteza aerului în spaţiul de ventilare.** Această viteză rezultă ţinînd seama de egalitatea dintre diferenţele de presiune generate de către vînt şi temperatură cu căderea de presiune pe întreaga lungime a canalului respectiv. Se poate scrie :

$$\Delta P = \Delta H = \Delta P_v + \Delta P_t \tag{14.6}$$

şi ţinînd cont de expresia 14.5, viteza aerului este :

$$v_g = 4\sqrt{\frac{\Delta P}{\Sigma\xi_i}}. \tag{14.7}$$

Dacă orificiile de admisie şi de evacuare sînt aşezate la acelaşi nivel, efectul temperaturilor diferite asupra ventilării este nul ($\Delta P_t = 0$). Acest efect creşte cu distanţa orificiilor pe verticală. Aşadar, pentru activarea ventilării acoperişului este indicat să se monteze deflectoare înalte. În mod evident, acţiunea vîntului este cu atît mai favorabilă cu cît cele două orificii se află aşezate în puncte cu expunere diferită (zone de presiune şi de sucţiune).

STAS 6472/5-73 recomandă ca pentru calculul vitezei aerului în spaţiul de ventilare orizontal să se utilizeze relaţia simplificată :

$$v_s = 0{,}34\,\frac{S_l}{d}\,v, \tag{14.8}$$

în care :
- S_l este aria orificiilor de admisie, considerată pe metru de lungime a streaşinei, în m²/m ;
- d — înălţimea spaţiului de ventilare, în secţiunea curentă, în m ;
- v — viteza medie a vîntului în zona de amplasare, cuprinsă pentru R.S. România între 1,4 şi 6,5 m/s ;
- v_s — viteza aerului în secţiunea curentă, în m/s.

14.6.3. INFLUENŢA VENTILĂRII ASUPRA TEMPERATURII ACOPERIŞULUI

Pentru simplificarea calculului se consideră : că regimul termic este staţionar, viteza de circulaţie a aerului în acoperiş este constantă iar stratul de ventilare este continuu şi orizontal [13].

Urmărind schema din figura 14.86, se observă că aerul pătrunde în acoperiş la temperatura θ_o, în general, diferită atît de temperatura aerului de deasupra acoperişului, cît şi de temperatura interioară. În acoperiş aerul circulă încălzindu-se iar la o anumită distanţă, l_{cr}, stratul de aer ajunge la o temperatură care apoi rămîne neschimbată, θ_s, ce depinde numai de alcătuirea straturilor acoperişului şi nu are legătură cu temperatura iniţială θ_o.

Se presupune că pentru a rezolva această problemă se determină temperatura θ_s, în ipoteza că transmisia căldurii are loc unidirecţional, de jos în

sus. Potrivit celor cunoscute cu privire la distribuţia de temperatură în regim termic staţionar la trecerea printr-un element de construcţie cu straturi paralele, rezultă :

$$\theta_s = \theta_i - \frac{1}{K_i K_o}(\theta_i - \theta_e) =$$

$$= \frac{K_i\theta_i - K_e\theta_e}{K_i + K_e}, \tag{14.9}$$

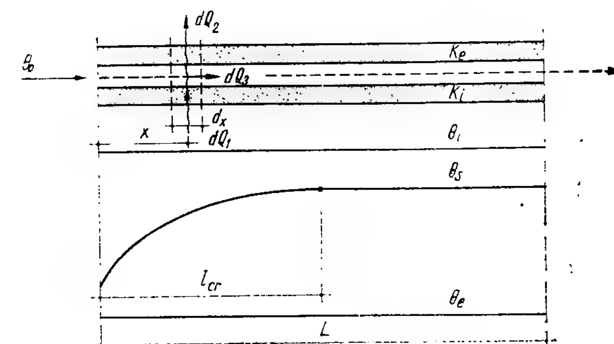


Fig. 14.86. Schema de calcul pentru acoperişurile calde, ventilate.

sau mai general, folosind temperatura relativă θ_s, se poate scrie :

$$\theta'_s = \frac{\theta_i - \theta_s}{\theta_i - \theta_e} = \frac{1}{K_i R_o} = \frac{K_e}{K_i + K_e}, \tag{14.10}$$

unde :

$$R_o = \frac{1}{K_i} + \frac{1}{K_e} = \frac{K_i + K_e}{K_i K_e}. \tag{14.11}$$

La determinarea lui K_i şi K_e se ţine seama numai de transmisia unidirecţională :

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{K'_i} + \frac{1}{\alpha_k}} \quad \text{şi} \quad K_e = \frac{1}{\frac{1}{K'_e} + \frac{1}{\alpha_k}} \tag{14.12}$$

unde K'_i şi K'_e sînt coeficienţii de permeabilitate la trecerea căldurii pentru straturile orizontale situate sub şi deasupra spaţiului de ventilare, iar α_k — coeficient de transfer termic global la suprafaţa de contact cu aerul din spaţiul de ventilare.

Considerînd lungimile de un metru în sens transversal pe spaţiul de ventilare şi dx în sensul curgerii, la distanţa x, se poate scrie :

$$dQ_1 - dQ_2 = dQ_3, \tag{14.13}$$

unde :

$$dQ_1 = K_i(\theta_1 - \theta)dx; \tag{14.14}$$

$$dQ_2 = K_e(\theta - \theta_e)dx; \tag{14.15}$$

$$dQ_3 = cj\,d\theta = cvd\,3600\,\rho\,d\theta; \tag{14.16}$$

iar j reprezintă debitul de aer pe un metru de lungime a acoperişului.

Deci, rezultă :

$$dQ_1 - dQ_2 = (K_i + K_e)(\theta_s - \theta)dx; \tag{14.17}$$

$$(K_i + K_e)(\theta_s - \theta)\,dx = cjd\theta. \tag{14.18}$$

Integrînd de la θ_0 la θ_x şi de la O la x, se obţine :

$$\int_O^x \frac{K_e + K_i}{cj}\,dx = \int_{t_O}^{t_X} \frac{d\theta}{\theta_s - \theta}; \tag{14.19}$$

$$\frac{K_e + K_i}{cj}x = \ln(\theta_s - \theta_x) - \ln(\theta_s - \theta_o); \tag{14.20}$$

$$\frac{K_e + K_i}{cj} = \ln\frac{\theta_s - \theta_x}{\theta_s - \theta_o}. \tag{14.21}$$

în cele din urmă :

$$\theta'_x = \frac{\theta_x - \theta_s}{t_o - t_s} = e^{-Ax}, \tag{14.22}$$

unde :

$$A = (K_i + K_e)\frac{1}{cj} \tag{14.23}$$

Funcţia $\theta'_x = e^{-Ax}$ este reprezentată în figura 14.87.
Temperatura relativă medie θ'_{med} este dată de relaţia :

$$\theta'_{med} = \frac{\theta_{med} - \theta_s}{\theta_o - \theta_s} = \frac{1}{l}\int_0^l \theta'_x\,dx = \frac{1 - e^{-AL}}{AL}. \tag{14.24}$$

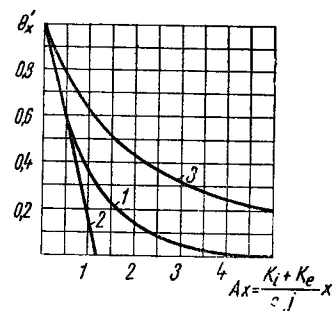


Fig. 14.87. Variaţia temperaturii relative a aerului, θ', din stratul ventilat :

1 – valori locale; *2* – dependenţa liniară a valorilor locale ale temperaturii în porţiunea de început a canalului de ventilare; *3* – valorile temperaturii relative medii, Q'_{med}, în lungul stratului de aer.

Relaţia (14.24) este reprezentată în figura 14.87 prin curba 3. Se observă că pentru :

$$Ax = \frac{(K_i + K_e)x}{cj} > 3 \tag{14.25}$$

valoarea lui θ'_x se apropie de zero, ceea ce înseamnă că :

$$\theta_x \simeq \theta_s.$$

Lungimea spaţiului de ventilare in care are loc creşterea de temperatură a aerului se notează cu l_{cr} şi rezultă din relaţia :

$$l_{cr} = \frac{3cj}{K_i + K_e}. \tag{14.26}$$

Se observă că la debite mici de aer, l_{cr} este şi el mic. Dacă $l_{cr} \ll L$ se admite că temperatura aerului în spaţiul ventilat, θ_s, este peste tot constantă.

STAS 6472/5-73 prezintă în plus o serie de relaţii simplificate pentru verificarea structurilor de acest fel, la care spaţiul de ventilare este alcătuit din canale distanţate.

14.6.4. INFLUENŢA VENTILĂRII ASUPRA MIGRAŢIEI VAPORILOR DE APĂ ÎN ACOPERIŞUL CALD

Aerul care traversează structura se încălzeşte treptat şi în consecinţă are posibilitatea de a acumula o cantitate din ce în ce mai mare de vapori de apă, pe care o antrenează prin orificiile de evacuare. Capacitatea specifică a aerului de acumulare a apei, analoagă cu căldura specifică, se notează cu c_v şi este egală cu aproximativ 0,835 g/kg mmHg. Aceasta reprezintă capacitatea unui kilogram de aer de a acumula o anumită cantitate de vapori de apă exprimată în grame, atunci cînd presiunea acestora creşte cu 1 mmHg.

Procesul de migraţie a apei prin elementul de construcţie ventilat este analog cu cel de transmisie a căldurii descris în paragraful precedent. În acest proces intervin următoarele mărimi :

— presiunea parţială a vaporilor de apă din spaţiul ventilat, p_v, şi cea de saturaţie, p_{vs}, care corespunde temperaturii aerului;

— capacitatea fluxului de aer de acumulare a apei, $c_v\,j$, similară cu capacitatea de acumulare a căldurii;

— permeabilitatea la vapori de apă a părţii interioare şi exterioare a acoperişului, situate sub spaţiul de ventilare şi deasupra acestuia, B_i şi B_e, analoage permeabilităţilor termice K_i şi K_e.

Ţinînd seama de această analogie şi de condiţiile specifice, se pot folosi expresiile stabilite pentru transferul termic.

Notînd cu :

p_{vx} — presiunea parţială a vaporilor de apă într-un punct situat la distanţa x de orificiul de admisie;

p_{vv} — presiunea parţială a vaporilor de apă într-un punct situat dincolo de lungimea critică (valoarea constantă a presiunii parţiale pînă la ieşirea din spaţiul de ventilare), analoagă cu t_s;

p_{vo} — presiunea parţială a vaporilor în aerul care pătrunde în spaţiul de ventilare

şi prin analogie cu relaţia 14.22, dedusă pentru transmisia căldurii, se poate scrie:

$$\frac{p_{vx} - p_{vv}}{p_{vo} - p_{vv}} = e^{\frac{(B_i + B_e)x}{c_v j}}, \tag{14.27}$$

unde p_{vv} se determină cu o relaţie analoagă cu (14.9), în ipoteza că migraţia vaporilor de apă, efectuată exclusiv prin difuzie, este unidirecţională (de jos în sus).

Porţiunea iniţială în care are loc o creştere continuă a presiunii parţiale a vaporilor de apă ca urmare a acumulării crescînde de vapori, este :

$$l'_{cr} = \frac{3c_v j}{B_i + B_e}. \tag{14.28}$$

Caractesticile B_i și B_e riprivind permeabilitatea la vapori nu au valori numerice mari. Din această cauză, spre deosebire de cazul transmisiei de căldură, l'_{cr} este mare, modificarea presiunii p_v avînd loc aproape pe toată lungimea stratului de ventilare.

Revenind la figura 14.87, se observă că în acest caz este posibil să se simplifice expresia 14.27, înlocuind-o cu una liniară, aproximativă:

$$\frac{p_{vx} - p_{vv}}{p_{vo} - p_{vv}} = 1 - \frac{B_i + B_e}{1{,}2c_v j}\, x. \qquad (14.29)$$

De aici pot fi stabilite o serie de concluzii; umezirea acoperișului sub învelitoare nu este posibilă atîta vreme cît aerul care circulă este în măsură să acumuleze apa pe toată lungimea spațiului de ventilare, adică dacă presiunea efectivă a vaporilor de apă rămîne inferioară celei de saturație, $p_v < p_{vs}$. Verificarea acestei condiții este posibilă, ținînd seama de temperatura cunoscută a aerului în toate punctele spațiului de ventilare. Condiția trebuie să fie îndeplinită și la capătul spațiului de ventilare:

$$p_{vv} < p_{vs} \qquad (14.30)$$

cunoscînd că $p_{vs} = f(t_s)$.

În cazul cînd această condiție nu este îndeplinită, există mai multe posibilități de a o satisface:

— prin mărirea rezistenței la vapori a părții inferioare a acoperișului;
— prin micșorarea lungimii spațiului de ventilare;
— prin mărirea debitului de aer care străbate acoperișul.

Pe acoperiș existînd o izolație hidrofugă se poate admite, în mod simplificat, că B_e este nul, și deci pentru a evita situația de condens este suficient ca

$$j = \frac{B_i L}{1{,}2c_v} \cdot \frac{p_{vx} - p_{vv}}{p_{vo} - p_{vs}}. \qquad (14.31)$$

În țara noastră au început a fi realizate clădiri cu acoperișuri calde ventilate de exemplu, acoperișul stației de încercări higrotermice din Iași.

14.6.5. RECOMANDĂRI CONSTRUCTIVE PRIVIND ORIFICIILE DE VENTILARE

În literatura tehnică se recomandă următoarele valori ale suprafeței orificiilor de ventilare, raportate la suprafața de acoperiș deservită, cu mențiunea că suprafața orificiilor de ieșire a aerului trebuie să fie mai mare decît cea a orificiilor de intrare:

a) — pentru acoperișuri cu pantă ≤ 15% și o umiditate relativă în spațiul ultimului nivel ≥ 65%:
— orificii de admisie 1/500;
— orificii de evacuare 1/400;

b) — pentru acoperișuri cu panta ≥ 15% și cu o umiditate a aerului interior ≤ 65%:
— orificii de admisie 1/1000;
— orificii de evacuare . . . . 1/800.

14.7. LUCRĂRI ACCESORII LA ACOPERIȘURI

Datorită funcțiunilor complexe, acoperișurile implică o serie de lucrări accesorii menite să asigure:

— colectarea și scurgerea apelor la nivelul cotei zero a clădirii (jgheaburi și burlane);
— contactul liber cu suprafața a unor straturi aflate sub învelitoare (strat de difuzie, spațiu de ventilare interioară);
— protecția acoperișului pe contur (atic, cornișă, streașină) și la rosturi.

De rezolvarea corectă a acestor lucrări accesorii depinde întreaga comportare a acoperișului, uneori chiar a construcției, executarea lor necorepunzătoare sau stricarea lor putînd duce la degradarea construcției (fig. 14.88). Din această cauză este necesar să li se acorde toată atenția atît în proiectare cît și în execuție.

14.7.1. JGHEABURI ȘI BURLANE

Jgheaburile și burlanele completează lucrările de învelitori, permițînd colectarea apelor și dirijîndu-le pînă la nivelul terenului unde se pot scurge liber sau trece în rețeaua de canalizare.

La proiectarea jgheaburilor și burlanelor se ține seama de anumite condiții specifice: secțiunile trebuie să corespundă debitelor maxime în cazul celor mai intense ploi, iar în situația unor înfundări temporare, întotdeauna posibile din cauza gheții sau a unor murdării, deversarea trebuie să se facă spre exterior și nu spre clădire, astfel încît să nu provoace degradări.

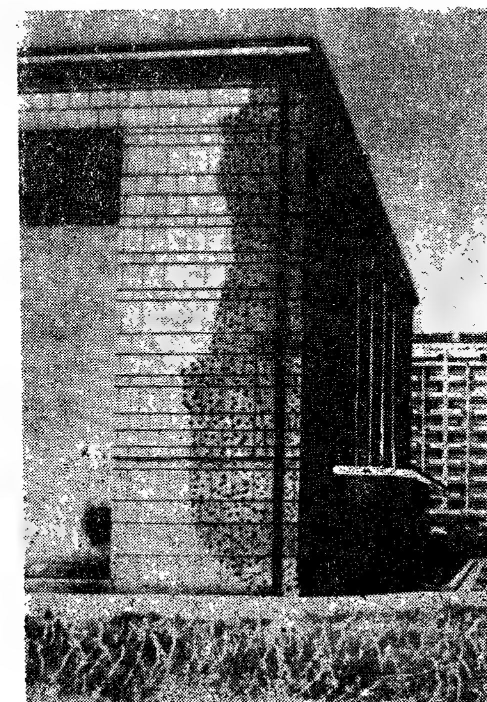


Fig. 14.88. Degradarea unei porțiuni din fațadă datorită funcționării defectuoase a jgheabului la îmbinarea cu burlanul.

Suprafața maximă de acoperiș A care poate fi deservită de un jgheab cu secțiune semicirculară, în funcție de panta jgheabului și de intensitatea ploii, poate fi calculată cu relația din STAS 2389-53:

$$A = \frac{1{,}8a}{I}\sqrt{\frac{aP}{p}}, \qquad (14.32)$$

unde a este secțiunea utilă a jgheabului, în cm², care trebuie să fie de cel puțin 61 cm²;
I — intensitatea ploii, în mm/min;
P — panta jgheabului, în cm/m, care trebuie să fie de cel puțin 0,5%;
p — perimetrul înmuiat al jgheabului.

Panta jgheabului P, cm/m	Jgheab semicircular			Jgheab dreptunghiular		
	d = 12,5 cm	14	18	7×10 cm	8×14	11×18
	a = 61 cm²	77	127	70 cm²	112	198
0,1	20	27	51	21	38	79
0,3	35	47	88	38	67	136
0,5	46	61	114	49	86	176
0,7	54	72	135	53	102	208
0,9	61	81	153	64	116	237

Observații:

— *a* este suprafața utilă a secțiunii jgheabului, în cm²;

— diametrul burlanului se adoptă egal cu aproximativ 70% din cel al jgheabului.

Pe baza acestei formule, este alcătuit tabelul 14.3, în care se dau dimensiunile diverselor tipuri de jgheaburi, în funcție de suprafața de acoperiș deservită, pentru ploi cu intensitatea de 3 mm/min.

Jgheaburile și burlanele se alcătuiesc pentru a rezista la acțiunile combinate ale apei, gheții și zăpezilor care alunecă de pe acoperiș, trebuie să fie estetice, durabile și accesibile pentru verificări și reparații periodice.

Funcționarea corectă a jgheaburilor și burlanelor implică și alte precauții; astfel, trebuie să se adopte soluții care să evite blocarea secțiunilor de scurgere prin îngheț, formarea de țurțuri de gheață etc., care sînt frecvente mai ales la acoperișurile calde (v. fig. 14.29) deoarece sînt mai reci decît suprafața de acoperiș de pe care preiau apele (fig. 14.89). Jgheaburile și burlanele din metal trebuie protejate împotriva coroziunii și a contactului cu conductele electrice (pentru a evita pericolul de electrocutare).

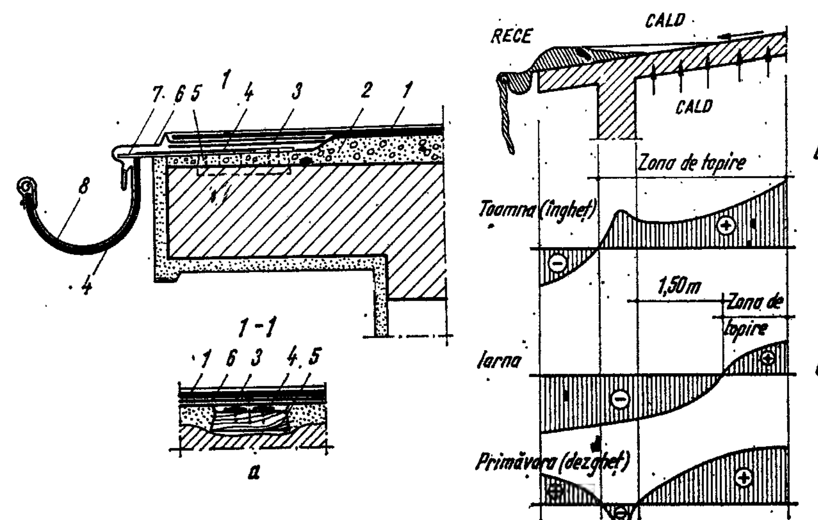


Fig. 14.89. Condițiile de funcționare a jgheaburilor în timpul anului:
a — detaliu de jheab și de fixare pe streașină; *b* — apariția fenomenului de înfundare a jgheabului cu dopuri de gheață și țurțuri; *c* — diagrame de temperatură în cursul anului pe porțiunea perimetrală acoperișului; *1* — învelitoare bituminoasă; *2* — strat suport al învelitorii; *3* — fișie suplimentară de carton sub șorțul din tablă; *4* — cîrlig din oțel lat amplasat la 70 cm distanță; *5* — diblu de lemn; *6* — șorț din tablă; *7* — agrafă din tablă zincată; *8* — jgheab.

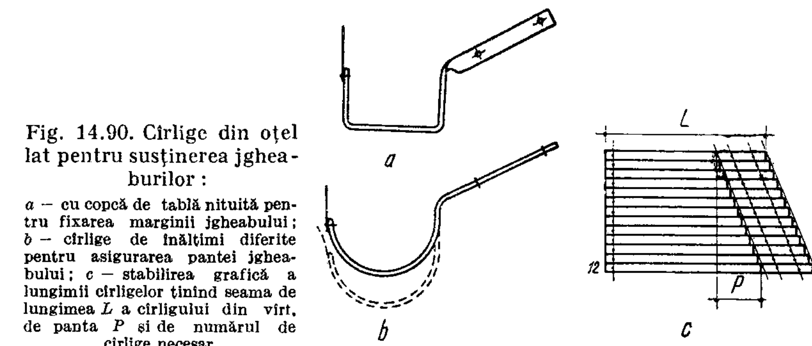


Fig. 14.90. Cîrlige din oțel lat pentru susținerea jgheaburilor:
a — cu copcă de tablă nituită pentru fixarea marginii jgheabului; *b* — cîrlige de înălțimi diferite pentru asigurarea pantei jgheabului; *c* — stabilirea grafică a lungimii cîrligelor ținînd seama de lungimea *L* a cîrligului din vîrf, de panta *P* și de numărul de cîrlige necesar.

14.7.1.1. Jgheaburi. Se dispun pe conturul exterior al acoperișurilor și pot avea secțiune circulară, dreptunghiulară și mai rar triunghiulară. Jgheaburile se montează cu o pantă longitudinală, valorile optime fiind 0,5% pentru jgheaburile semicirculare și 0,8% pentru cele dreptunghiulare.

Jgheaburile se realizează din tablă galvanizată cu grosimea minimă de 0,5 mm. Tronsoanele se confecționează în ateliere prin curbare, îndoire și lipire cu cositor și se montează pe acoperiș susținute de cîrlige din oțel lat, atașate cu copci din tablă (fig. 14.90). Jgheaburile pot fi consolidate cu vergele și cu tiranți (fig. 14.91). La rosturi, jgheaburile se întrerup, pentru a permite dilatarea diverselor tronsoane, rostul acoperindu-se cu tablă (fig. 14.92). Pe acoperișuri cu pantă mare se dispun opritori de zăpadă (fig. 14.93) pentru a împiedica distrugerea jgheabului prin căderea bruscă a zăpezii.

La acoperișurile terasă cu colectarea interioară a apelor nu sînt necesare jgheaburi. Dacă se prevede colectarea apelor pe conturul exterior, atunci sînt posibile mai multe soluții prezentate în figura 14.94.

14.7.1.2. Burlane. Au poziție verticală și pot fi amplasate vizibil sau ascuns la exteriorul construcțiilor sau la interiorul lor (fig. 14.95). În exploatare sînt preferabile burlanele aparente, deoarece pot fi controlate permanent și eventual reparate. Burlanele aparente se execută din tablă, iar cele îngropate din materiale mai rezistente: fontă de scurgere, azbociment, bazalt.

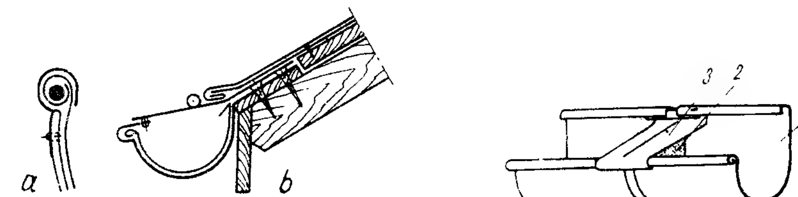


Fig. 14.91. Consolidarea jgheaburilor:
a — cu vergea din oțel-beton; *b* — cu tirant.

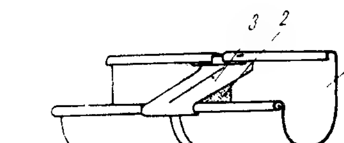


Fig. 14.92. Realizarea rosturilor de deformație la jgheaburi:
1 — jgheab; *2* — perete plin; *3* — șorț din tablă pentru acoperirea rostului.

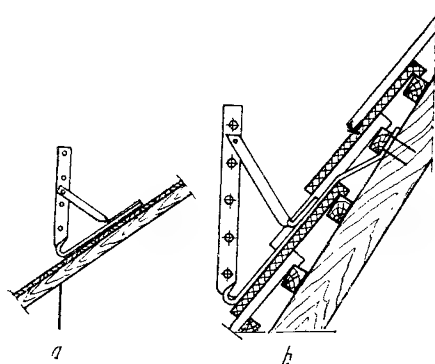


Fig. 14.93. Opritori de zăpadă:
a — la învelitoare de tablă; b — la învelitoare de țiglă.

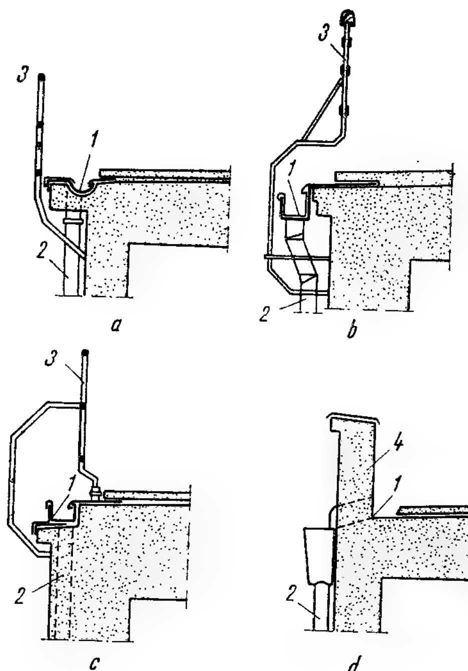


Fig. 14.94. Variante de montare a jgheaburilor la clădiri cu acoperișuri terasă, cu scurgere interioară:
a; b; c — cu parapet metalic; d — cu atic; 1 — jgheab; 2 — burlan; 3 — parapet metalic; 4 — atic.

Burlanele de tablă confecționate din tronsoane fălțuite, pot avea secțiune circulară sau poligonală. Burlanele sînt susținute cu brățări fixate în zidărie, iar racordarea cu jgheaburile se face prin ștuțuri de tablă (fig. 14.96). Secțiunile burlanelor se stabilesc în raport cu suprafața de acoperiș pe care o deservesc, conform cu indicațiile din STAS 2389—53.

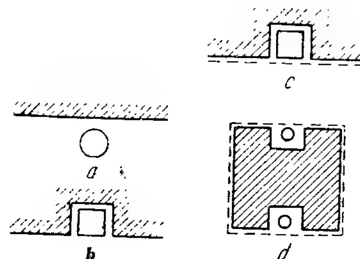


Fig. 14.95. Amplasarea burlanelor pe fațadele clădirilor:
a — vizibil; b — în nișă deschisă; c — în nișă mascată cu tencuială pe rabiț; d — în stîlpi cu acoperire de tencuială pe rabiț;

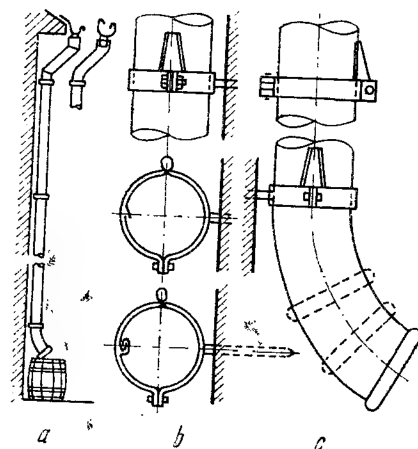


Fig. 14.96. Burlan din tablă:
a — vedere generală; b — detalii de fixare; c — detaliu pentru capătul inferior.

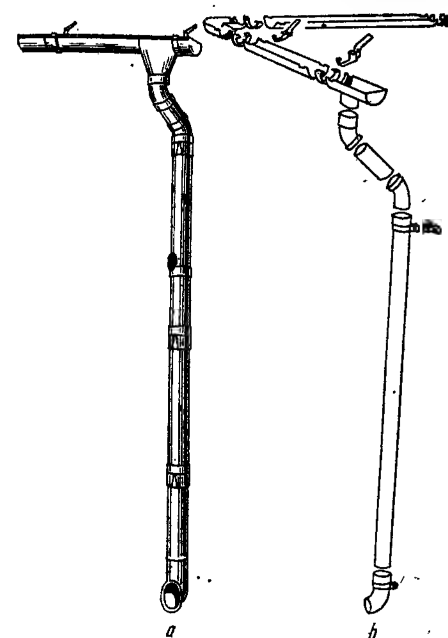


Fig. 14.97. Jgheab și burlan executate din materiale plastice:
a — vedere de ansamblu; b — elemente componente.

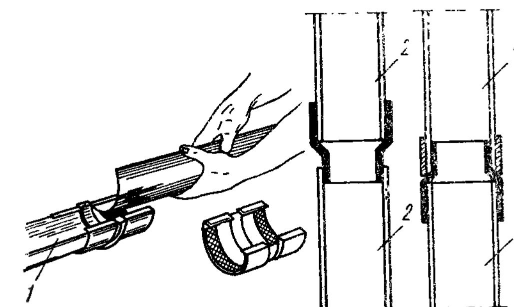


Fig. 14.98. Înnădirea tronsoanelor de jgheaburi și burlane din materiale plastice:
1 — tronson de jgheab; 2 — tronson de burlan.

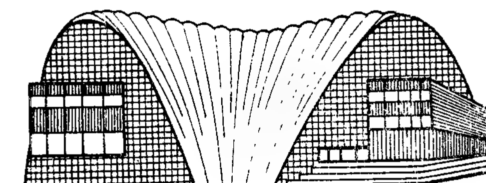


Fig. 14.99. Construcție cu suprafață mare, fără reazeme intermediare, la care scurgerea apelor se face prin doliile acoperișului.

În ultimii ani a început utilizarea jgheaburilor și burlanelor din policlorură de vinil (fig. 14.97 și 14.98), care se montează din tronsoane prefabricate. Acestea permit economii de metal și simplificarea manoperei pe șantier, dar nu pot fi recomandate decît la clădiri cu înălțime mică. Pentru burlanele dispuse în interiorul clădirii la acoperișuri cu scurgere interioară și pentru burlanele exterioare îngropate și mascate prin tencuială, ca și la clădirile înalte se recomandă tuburi din fontă care sînt mult mai rezistente.

La construcții cu suprafețe mari, unde nu există reazeme apropiate și prin urmare apele nu se pot colecta prin guri de scurgere așezate la distanțe relativ mici, este necesar să se creeze jgheaburi chiar prin forma doliilor acoperișului (fig. 14.99).

14.7.2. DISPOZITIVE DE COLECTARE ȘI EVACUARE A APELOR LA ACOPERIȘURI CU SCURGERE INTERIOARĂ

Acestea se montează în punctele unde converg pantele acoperișurilor cu scurgere interioară. Trecînd prin ele, apele ajung la burlan și de acolo în sistemul de canalizare. Un astfel de dispozitiv este prezentat în figura 14.100.

Secțiunea tuburilor se stabilește în raport cu suprafața de colectare pe acoperiș. În tabelul 14.4 se dau dimensiunile minime ale gurilor de colectare a apei, în funcție de suprafața deservită, pentru ploi cu debit

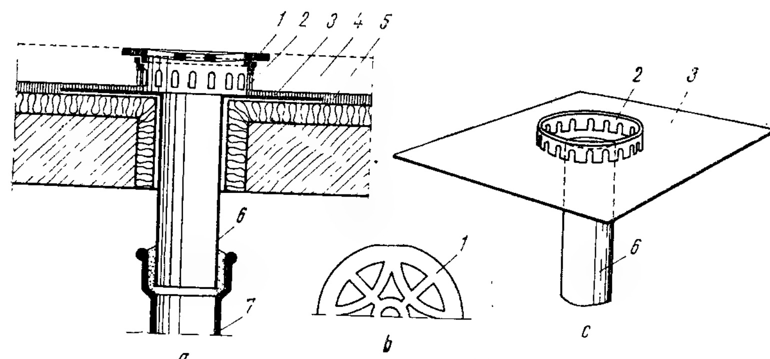


Fig. 14.100. Dispozitiv de colectare a apelor :
a — secţiune verticală ; b — vedere de sus a grătarului ; c — detaliu de guler ; 1 — grătar ; 2 — guler de admisie cu găuri ; 3 — guler de protecţie din plumb ; 4 — protecţia hidroizolaţiei cu dale prefabricate sau pietriş ; 5 — hidroizolaţie multistrat ; 6 — tub de scurgere din plumb ; 7 — tub de scurgere din fontă.

Tabelul 14.1

Suprafaţa de colectare, m^2	Caracteristicile tuburilor de scurgere, în cm, pentru ploi cu debitul maxim de 3 mm/minut		
	D	d	h
40	7,2	6	9,0
91	10,8	9	13,5
161	14,4	12	18,0
220	16,8	14	21,0
287	19,2	16	24,0
363	21,6	18	27,0
449	24,0	20	30,0

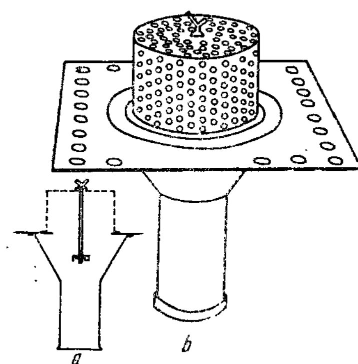


Fig. 14.101. Dispozitiv de scurgere din oţel inoxidabil cu capac demontabil :
a — schemă ; b — vedere.

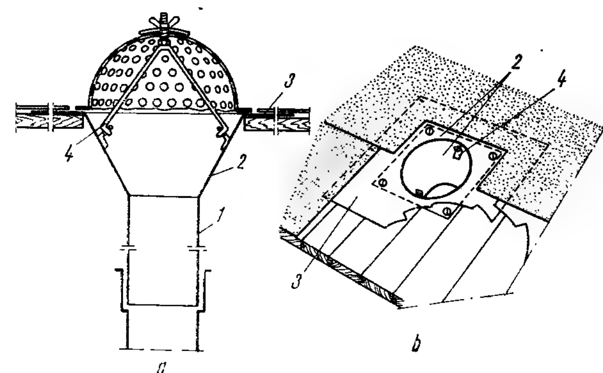


Fig. 14.102. Dispozitiv de scurgere din cupru cu capac demontabil :
a — secţiune ; b — vederea acoperişului în dreptul gurii de scurgere ; 1 — tub de legătură ; 2 — evazare ; 3 — guler ; 4 — sistem de fixare.

maxim de 3 mm/m. Se recomandă cel puţin cîte o gură de evacuare la 700 m^2 de acoperiş şi în orice caz mai multe guri pentru fiecare tronson de clădire. Dacă această ultimă condiţie nu poate fi îndeplinită, sînt necesare dispozitive preaplin care să funcţioneze atunci cînd scurgerea principală se înfundă accidental.

Racordarea gurii de scurgere cu izolaţia hidrofugă se face cu ajutorul unui guler de protecţie din plumb, cupru sau alt material adecuat (fontă, tablă galvanizată, masă plastică). Se preferă plumbul, deoarece se mulează şi lipeşte uşor prin cositorire. Acest guler se intercalează între straturile hidroizolaţiei care trebuie să aibă local un rînd suplimentar de pînză sau carton bitumat.

Fig. 14.103. Dispozitive de scurgere :
a — din aluminiu ; b — din tablă zincată.

Peste învelitoare, în jurul orificiilor gurii de scurgere, se aşază un dren din pietriş care împiedică pătrunderea unor obiecte care ar putea să o înfunde şi a nisipului din stratul de protecţie.

Pentru evacuarea apei de pe acoperiş se pot folosi dispozitive diverse, confecţionate din metal sau materiale plastice (fig. 14.101 ; 14.102 şi 14.103), concepute astfel încît să poată fi montate şi controlate cu uşurinţă. Se realizează chiar guri de scurgere prevăzute cu încălzire electrică, astfel încît să nu se înfunde cu ghiaţă.

14.7.3. DEFLECTOARE ŞI ORIFICII DE COMUNICAŢIE CU ATMOSFERA

Pentru a permite evacuarea vaporilor de apă şi a aerului spre exterior, straturile de difuzie şi spaţiile de ventilare trebuie să fie în contact cu atmosfera. Această condiţie se realizează prin :

— deflectoare (v. fig. 14.72) ;

— aticuri şi cornişe special concepute (fig. 14.104 ; 14.105 şi 14.106).

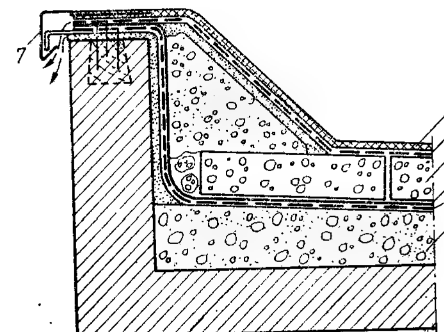


Fig. 14.104. Atic realizat astfel încît să permită comunicaţia straturilor de difuzie cu atmosfera :
1 — beton de pantă ; 2 — strat de difuzie sub bariera de vapori ; 3 — barieră de vapori ; 4 — izolaţie termică ; 5 — strat de difuzie sub izolaţia hidrofugă ; 6 — hidroizolaţie ; 7 — protecţie din tablă fixată în diblu din lemn acoperită parţial de hidroizolaţie.

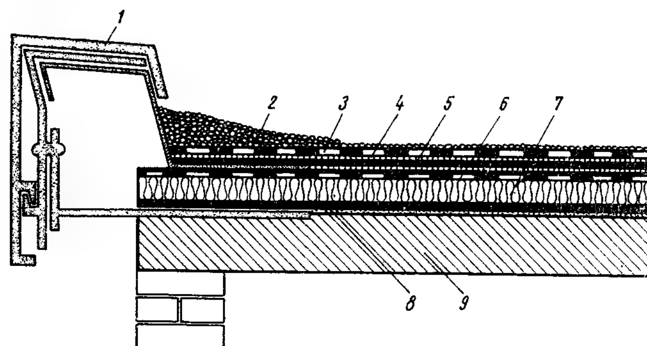


Fig. 14.105. Cornișă ventilată, executată din piese de aluminiu, concepută pentru a permite difuzia vaporilor de apă la marginea acoperișului :

1 – profiluri din aluminiu ; 2 – protecție din pietriș a hidroizolației ; 3 – carton bitumat ; 4 – strat de bitum ; 5 – carton bitumat cu nisip grăunțos pe partea inferioară ; 6 – strat de difuzie ; 7 – izolație termică ; 8 – barieră de vapori pe strat de difuzie ; 9 – planșeu de beton armat.

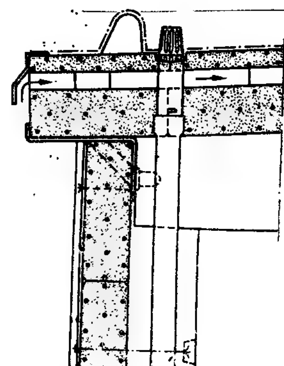


Fig. 14.106. Detaliu de cornișă la acoperișuri calde ventilate executate cu fîșii din plăci de BCA [102].

14.7.4. COȘURI, VENTILAȚII ȘI SUPORTURI DE ANTENĂ

Acoperișul este străbătut de coșuri și de canale verticale de ventilare pentru băi, bucătării, cămări etc. În jurul acestora hidroizolația trebuie să fie bine racordată cu pereții verticali, astfel încît să nu existe pericolul unor infiltrații în jurul canalelor de ventilare (fig. 14.107 și 14.108).

Antenele se fixează pe acoperiș prin intermediul unui suport lestat, care nu dăunează învelitorii (fig. 14.109).

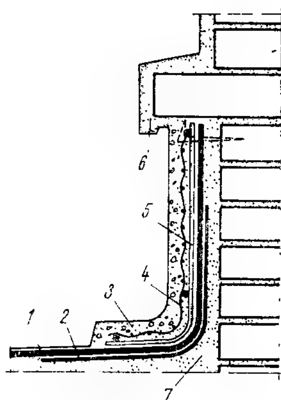


Fig. 14.107. Racordarea hidroizolației pe elemente verticale din zidărie sau beton :

1 – hidroizolație ; 2 – strat suplimentar de pînză sau carton bitumat ; 3 – șapă de protecție ; 4 – plasă de rabiț ; 5 – bare din oțel-beton ; 6 – lăcrimar din tencuială pe zidărie în relief ; 7 – scafă.

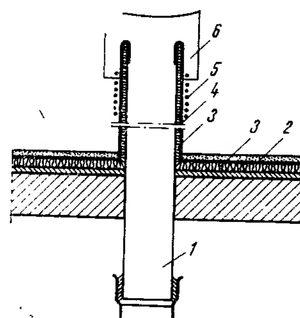


Fig. 14.108. Racordarea hidroizolației pe tuburile de ventilație :

1 – tub de ventilație ; 2 – hidroizolație ; 3 – termoizolație ; 4 – hidroizolație verticală pe tubul de ventilație ; 5 – spirală din sîrmă zincată ; 6 – deflector.

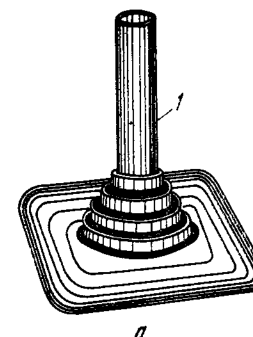


Fig. 14.109. Suport pentru antenă T.V. :

a – vedere ; b – secțiune verticală ; 1 – tijă pentru susținerea antenei ; 2 – lest din beton.

14.7.5. ELEMENTE DE DELIMITARE A MARGINILOR ACOPERIȘURILOR

Marginile acoperișului sînt delimitate de :

– atice, elemente zidite, montate sau turnate vertical, în continuarea fațadei, peste planul învelitorii (fig. 14.110) ;

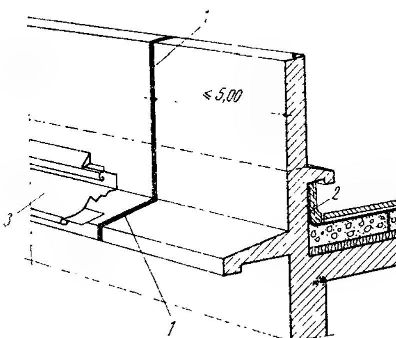
– cornișe, care ies orizontal din planul fațadei (fig. 14.111) ;

– zidării la rosturile de tasare sau de dilatare (fig. 14.112).

Realizarea acestor lucrări se face cu respectarea cerințelor de protecție împotriva infiltrațiilor de apă (fig. 14.113) ; de prevenire a degradărilor din variații de temperatură și umiditate ; de asigurare a stabilității sub efectul forțelor orizontale rezultate din dilatarea elementelor de construcții ; de evitare a punților termice și de realizare a unui aspect estetic.

Fig. 14.110. Atic și cornișă pe perimetrul exterior al unui acoperiș cu scurgere interioară :

1 – rost de dilatație ; 2 – racordarea hidroizolației pe partea interioară a aticulului ; 3 – protecția cu tablă zincată a cornișei.



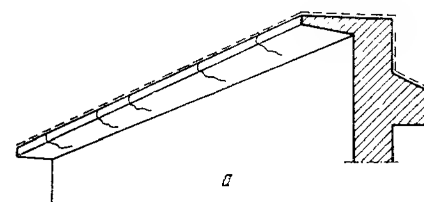


Fig. 14.111. Efectul variațiilor de temperatură asupra cornișelor :

a – apariția fisurilor în cornișă ; b – calculul variațiilor de temperatură și al alungirii.

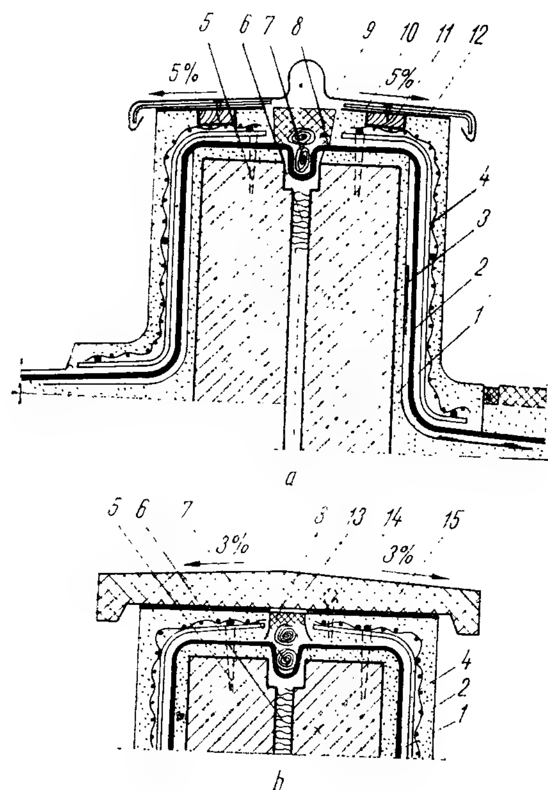


Fig. 14.112. Realizarea rosturilor de dilatație la acoperișurile terasă:

a — cu copertină din tablă; *b* — cu copertină prefabricată; *1* — șapă suport a hidroizolației; *2* — hidroizolație; *3* — strat suplimentar din pînză bitumată; *4* — protecția hidroizolației cu mortar M 100 armat cu plasă de rabiț; *5* — mustăți pentru ancorarea barelor din oțel-beton; *6* — fîșii din vată minerală sau frînghie gudronată pentru etanșarea rostului; *7* — frînghie sau cîlți bitumați; *8* — mastic bituminos; *9* — copertină din tablă zincată; *10* — agrafe de tablă zincată; *11* — diblu din lemn; *12* — strat de carton bitumat; *13* — copertină prefabricată; *14* — mustăți din sîrmă; *15* — carton bitumat lipit separat pe fiecare parte a rostului pentru a permite dilatarea.

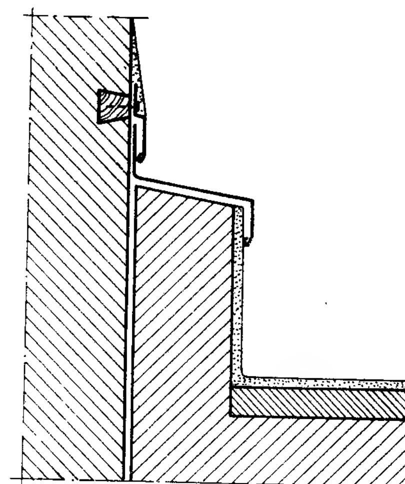


Fig. 14.113. Protecția cu pazie din tablă a rostului dintre două tronsoane sau clădiri alăturate care au înălțimi diferite.

Partea a cincea

STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI CIVILE

Capitolul 15

GENERALITĂȚI. PARTIU ȘI PROCES FUNCȚIONAL. TIPURI DE STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI DE LOCUIT

15.1. GENERALITĂȚI

Evoluția structurilor de rezistență ale clădirilor de locuit este strîns legată de industrializarea proceselor de execuție și de regimul de înălțime impus odată cu dezvoltarea orașelor.

Construcțiile de locuit se diferențiază sub aspectul înălțimii în:

— clădiri joase, cu puține niveluri, cu parter și 3 sau 4 etaje, de obicei sau cu parter și 1 sau 2 etaje, mai rar;

— clădiri de înălțime medie, cu multe niveluri, de obicei parter și 8 ... 11etaje;

— clădiri înalte, cu mai mult de 15 niveluri.

Pentru clădirile cu puține niveluri se utilizează în momentul de față, în țara noastră, în special structurile cu pereți portanți și anume:

— structuri pe ziduri portante (diafragme) din zidărie de cărămidă, blocuri mici și mai rar, blocuri mari din beton;

— structuri în diafragme din beton armat monolit sau din elemente prefabricate (panouri mari).

Mai rar, se utilizează:

— structuri în cadre din beton armat monolit sau din elemente prefabricate;

— structuri din elemente spațiale din beton armat;

— structuri mixte (cadre și diafragme, stîlpi și dală groasă etc.).

Pentru clădirile de înălțime medie se utilizează, în special, structurile în diafragme din beton armat monolit, din elemente prefabricate sau combinate; structurile în cadre prefabricate sau din beton armat monolit și structurile mixte (diafragme și cadre).

Pentru clădirile înalte se utilizează, în special, structurile în diafragme din beton armat monolit și structurile mixte; pînă la aproximativ 22 niveluri se pot utiliza și structurile în cadre din beton armat.

În tabelul 15.1 sînt indicate diverse tipuri de structuri de rezistență din beton armat pentru clădiri de locuit, publice și social-culturale, care se pot folosi cu eficiență tehnico-economică și comportare mecanică bună, ținînd seama de experiența americană (după instrucțiunile Comitetului ACI — 442).

Structurile de construcții civile se clasifică și după comportarea lor mecanică la acțiuni dinamice, în funcție de perioada proprie de oscilație (vibrație) în: structuri rigide, semirigide (semiflexibile) și flexibile.

Clădirile publice, administrative, comerciale, pentru birouri etc. și clădirile social-culturale cu mai multe niveluri sau înalte se pot executa cu structuri

Tabelul 15.1

Sistemul structural	Numărul de niveluri		Comportarea la încărcări orizontale
	clădiri oficiale	clădiri de locuit, hoteluri, cămine etc.	
Cadre	$\leqslant 15$	$\leqslant 20$	foarte bună
Diafragme	—	$\leqslant 150$	bună
Grinzi-pereți decalate	—	$\leqslant 40$	bună
Diafragme și cadre	$\leqslant 40$	$\leqslant 70$	bună
Tub simplu	$\leqslant 40$	$\leqslant 60$	foarte bună
Tub în tub	$\leqslant 80$	$\leqslant 100$	bună

în cadre, diafragme, mixte, tubulare sau alte tipuri de structuri, care sînt menționate în capitolele 16, 18 și 19 (v. tab. 15.1). Structurile cu pereți portanți de zidărie se folosesc la clădiri publice și social-culturale de mică importanță, mai ales în mediul rural.

În ultimii ani există preocupări pentru diversificarea arhitecturală a construcțiilor civile, valorificînd mai larg specificul arhitecturii românești, al fiecărei regiuni și localități, ca și tezaurul de arhitectură veche românească.

Pentru structurile în diafragme (monolit, panouri mari, elemente spațiale) se folosește atît betonul greu, cît și betonul ușor cu agregate poroase, de exemplu, din beton ușor de granulit.

15.2. PARTIU ȘI PROCES FUNCȚIONAL. TIPURI DE STRUCTURI DE REZISTENȚĂ PENTRU CLĂDIRI DE LOCUIT

15.2.1. CLĂDIRI CU STRUCTURA DIN PEREȚI PORTANȚI DE ZIDĂRIE

Deși prezintă posibilități reduse de industrializare, se folosesc încă pe scară destul de mare clădirile cu structura de rezistență din pereți portanți de zidărie datorită avantajelor pe care le prezintă:

— confort ridicat (izolare fonică și termică bună, cu pericol redus de condens la pereții exteriori);

— posibilitate de realizare a unei mari varietăți în plan a construcțiilor respective.

Se folosesc trei categorii de structuri, în funcție de rezemarea planșeelor și anume:

— *structuri cu ziduri portante longitudinale* denumite și *structuri celulare* (fig. 15.1), la care rezemarea planșeelor se face pe zidurile longitudinale; zidurile transversale dispuse la distanțe mai mari (aproximativ delimitînd un apartament) au numai funcția de rigidizare la forțe orizontale. Aceste tipuri de structuri prezintă avantajul unui montaj mai simplu al planșeelor și mai ales al unei distribuții avantajoase a spațiului, permițînd totodată eventuale modificări în cadrul unei unități funcționale. Cu toate aceste avantaje, datorită rigidității

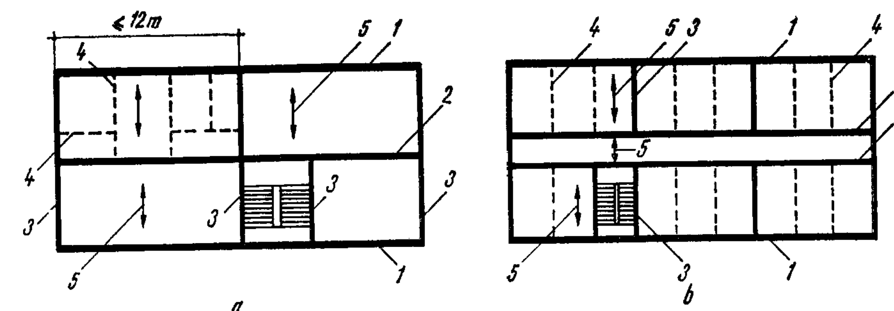


Fig. 15.1. Structuri celulare cu ziduri portante longitudinale:

a – cu un perete longitudinal interior, portant; *b* – cu doi pereți longitudinali interiori, portanți; *1* – pereți longitudinali exteriori de rezistență; *2* – pereți longitudizali, interiori de rezistență; *3* – pereți transversali de rigidizare; *4* – pereți de compartimentare; *5* – direcția de rezemare a planșeelor.

mici pe direcție transversală și deci spațială a structurii, utilizarea acestora, în special în zone seismice, nu este recomandabilă. În cazul utilizării unui singur perete portant longitudinal median (v. fig. 15.1, *a*) datorită încărcărilor mari pe care trebuie să le preia, este necesar să se acorde atenție deosebită amplasării golurilor în acest perete. La clădirile cu destinație social-culturală și administrativă există posibilitatea de a alcătui o structură pe pereți longitudinali portanți cu culoar central (fig. 15.1, *b*), în care caz pereții longitudinali interiori sînt încărcați practic la valori apropiate de cei longitudinali exteriori;

— *structuri pe ziduri portante transversale* denumite și *structuri fagure* (fig. 15.2), la care rezemarea planșeelor se face pe zidurile transversale, dispuse la distanțe mici (dimensiunea unei camere).

Zidurile longitudinale au rol numai de rigidizare a clădirii în plan longitudinal, iar pereții exteriori de umplutură au rolul de izolare fonică și termică. Aceste tipuri de structuri prezintă avantajul unui consum redus de oțel la planșee, asigură o rigiditate spațială mai bună a structurii, permit o rezolvare mai liberă a fațadei în privința dispunerii și dimensiunilor golurilor și permit dezvoltarea apartamentelor în adîncime prin practicarea de goluri în pereții longitudinali interiori, care sînt neportanți. Asigurarea rigidității spațiale (pe direcția longitudinală) a clădirii se poate face și cu ajutorul pereților longitudinali exteriori, care pot fi extinși doar pe unele zone din clădire (fig. 15.3). Soluția prezintă dezavantajul încorsetării partiului de arhitectură, care în eventualitatea unei uzuri morale, funcționale, cu greu poate fi modificat;

— *structuri cu pereți portanți transversali și longitudinali*, la care rezemarea planșeelor se face atît pe pereții transversali, cît și pe cei longitudinali (fig. 15.4) (considerate și structuri fagure). Aceste tipuri de structuri prezintă

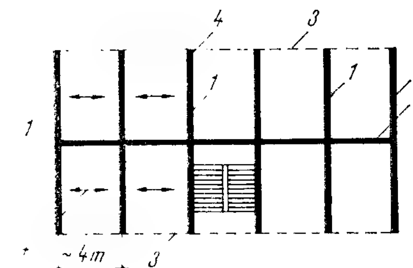


Fig. 15.2. Structură fagure cu ziduri portante transversale:

1 – ziduri portante transversale; *2* – zid longitudinal de rigidizare; *3* – ziduri exterioare de închidere; *4* – direcția de rezemare a planșeelor.

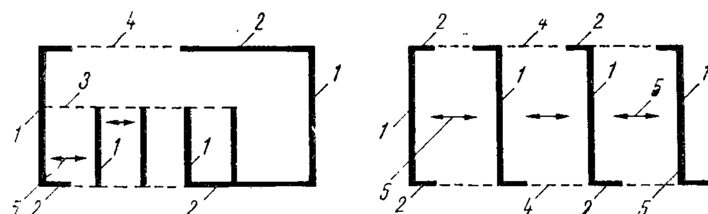


Fig. 15.3. Structuri cu ziduri portante transversale, rigidizate longitudinal prin porțiuni de pereți exteriori, de contravîntuire;

1 – ziduri portante transversale; 2 – ziduri exterioare, longitudinale de contravîntuire; 3 – ziduri interioare, despărțitoare; 4 – ziduri exterioare, de umplutură; 5 – direcția de rezemare a planșeelor.

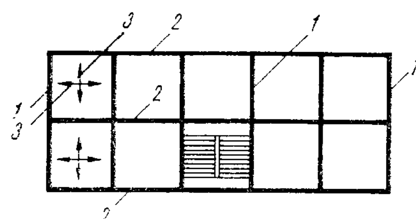


Fig. 15.4. Structură cu ziduri portante transversale și longitudinale:

1 – ziduri portante transversale; 2 – ziduri portante longitudinale; 3 – direcția de rezemare a planșeelor.

avantajul unei transmiteri raționale a încărcărilor verticale la terenul de fundație și a unei bune conlucrări spațiale la preluarea încărcărilor orizontale, dar prezintă dezavantajul încorsetării partiului de arhitectură.

15.2.2. CLĂDIRI CU STRUCTURI ÎN DIAFRAGME DE BETON ARMAT

Diafragma este un element de construcție structural, de grosime redusă și formă plană, uneori curbă, acționat de încărcări aplicate în planul său median sau într-un plan paralel cu suprafața sa mediană (fig. 15.5). Diafragma este un element structural principal, care se studiază, în principiu, după legile teoriei elasticității și practic, simplificat, după rezistența materialelor. În sens larg, în categoria de diafragme se pot considera următoarele elemente de construcții, folosite ca pereți portanți și de contravîntuire;

— *pereții din beton* greu sau ușor, simplu sau armat, turnați monolit;

— *pereții din elemente prefabricate* de beton armat, greu sau ușor, sub formă de panouri mari, asamblate, cu legături capabile de a transmite eforturile, mai

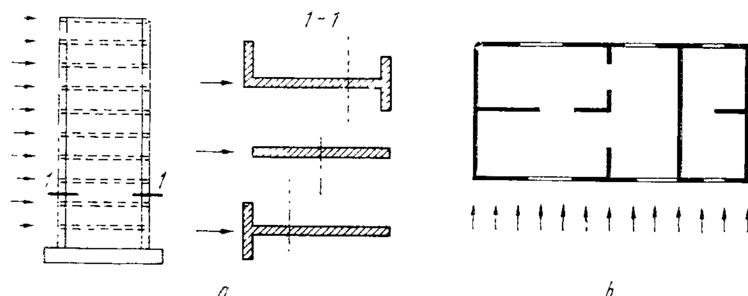


Fig. 15.5. Modul de solicitare al diafragmelor:

a – elevație și secțiuni prin diafragme încărcate cu forțe orizontale la fiecare nivel; b – plan pentru o clădire cu structura de rezistență din diafragme, solicitată de forțe orizontale.

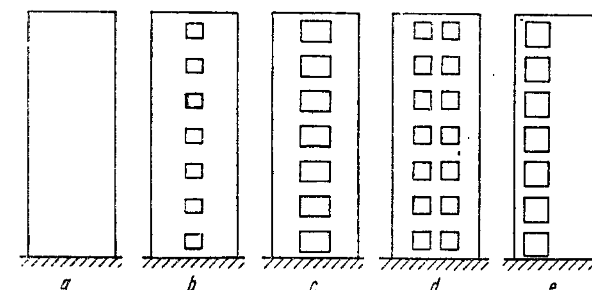


Fig. 15.6. Tipuri de diafragme:

a – plină; b – cu un șir de goluri mici; c – cu un șir de goluri mari; d – cu două șiruri de goluri; e – cu un șir excentric de goluri.

ales din încărcări orizontale; se pot folosi la clădirile joase cu 1 sau 2 niveluri și fîșii cu lățimi mici (0,8 ... 1,5 m) și avînd înălțimea etajului, realizate din beton celular autoclavizat;

— *pereții din zidărie* simplă, uneori armată sau întărită cu elemente din beton armat, înglobate sub formă de centuri sau stîlpi.

Ca diafragme se consideră și grinzile cu zăbrele așezate vertical, atunci cînd îndeplinesc rolul de elemente de contravîntuire.

În sens mai restrîns denumirea de diafragmă a fost dată numai pereților plini sau cu goluri (fig. 15.6), care au rolul de a prelua, în special, încărcările orizontale (provenite din vînt sau cutremur) și a le transmite terenului de fundație, deci au rolul de a contravîntui clădirea. În același timp, diafragmele preiau și încărcările verticale (gravitaționale) provenite din greutatea proprie și din planșee.

Prin dispunerea diafragmelor pe ambele direcții ale clădirii, în cazul unui planșeu de rigiditate mare în planul lui, se realizează o comportare de ansamblu spațială a întregii clădiri la preluarea încărcărilor orizontale.

15.2.2.1. **Clădiri cu structuri în diafragme din beton armat monolit.** Clădirile cu structura în diafragme din beton armat monolit se realizează sub forme foarte variate. Clasificarea acestor tipuri de structuri se poate face în funcție de forma în plan a clădirii, de dispoziția în plan a diafragmelor, alcătuirea fațadelor, procedeele de execuție etc.

După forma în plan se disting:

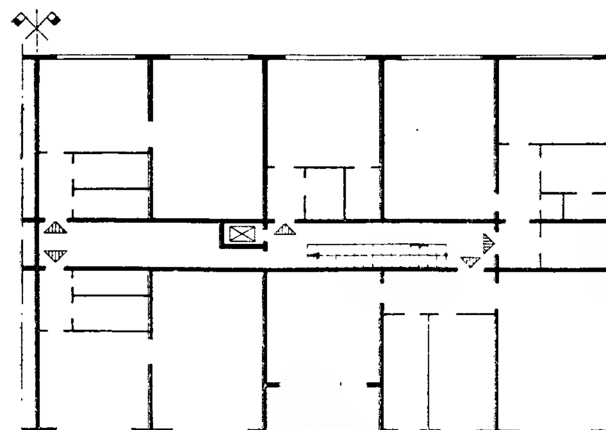
— *clădiri liniare, bară*, de formă dreptunghiulară (fig. 15.7, *a*);

— *clădiri punct, turn*, de formă oarecare, dar cu dimensiuni apropiate pe cele două direcții principale (fig. 15.7, *b*);

— *clădiri cu diverse forme* avînd diafragmele dispuse după direcții oarecare (fig. 15.7, *c*).

După dispoziția în plan a diafragmelor, se disting:

— *structuri fagure* sau *celulare*, la care diafragmele plane sînt dispuse pe o rețea dreptunghiulară. În cazul structurii fagure, rețeaua de diafragme transversale este deasă, la 3 ... 4 m, formînd o celulă corespunzătoare mărimii camerelor (fig. 15.8, *a*). La aceste tipuri de clădiri procesele funcționale nu diferă de la un nivel la altul, putîndu-se realiza continuitatea pe toată înălțimea clădirii, prin utilizarea *diafragmelor monotone*. Pereții exteriori se realizează din panouri de fațadă ce se montează după executarea pereților interiori. Structura fagure a dat, în general, rezultate bune, atît în ceea ce privește calitățile de rezistență, cît și posibilitățile de execuție. Sub aspectul rezistenței, se remarcă faptul că diafragmele fiind suficient de dese conduc la valori mici ale tensiunilor și deci armăturile sînt dispuse din considerente constructive. Aceste structuri



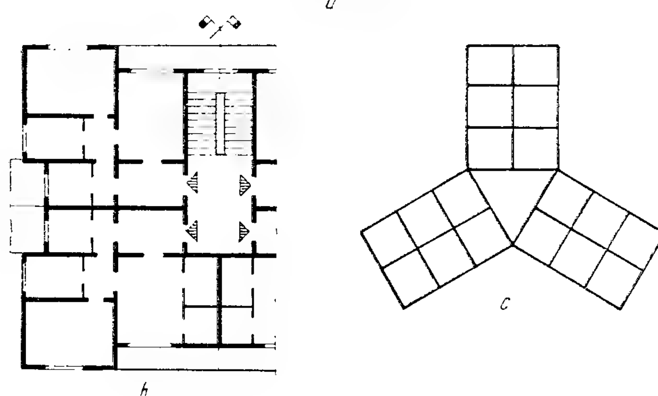


Fig. 15.7. Forma în plan a clădirilor cu structura de rezistență din diafragme de beton armat monolit :
a — clădire bară ; b — clădire punct ; c — schema unei clădiri stea.

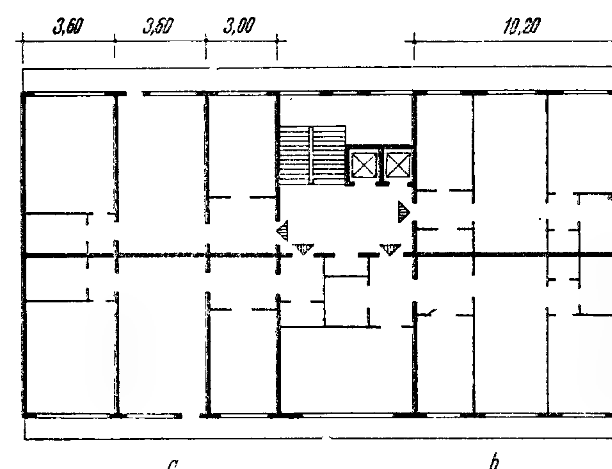


Fig. 15.8. Structuri de rezistență din diafragme de beton armat monolit :
a — structură fagure ; b — structură celulară.

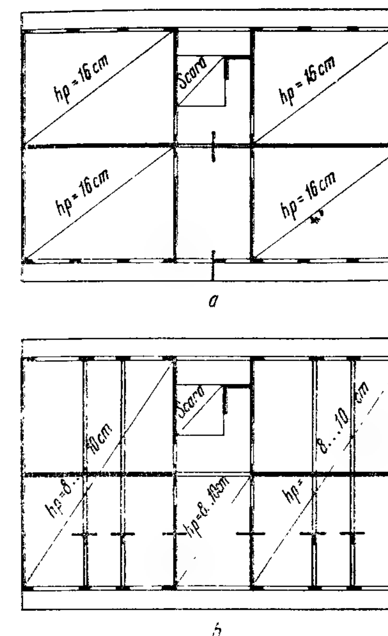


Fig. 15.9. Planșee la structuri celulare :
a — dală groasă armată pe două direcții ; b — cu plăci și grinzi intermediare.

Fig. 15.10. Structură cu diafragme și parter elastic :
a — fațada laterală a clădirii ; b — plan etaj curent ; c — plan parter ; 1 — diafragme la nivelurile curente ; 2 — stîlpi la parter.

au arătat în schimb și o serie de dezavantaje, cum ar fi : greutatea de ansamblu a construcției este ridicată, eventuala uzură morală, funcțională este foarte greu de corectat (transformările la aceste structuri sînt dificil de realizat), inerția termică este redusă și transmiterea zgomotelor din impact provocate de șocuri în întreaga construcție se face cu ușurință. Urmărind remedierea încorsetării partiului de arhitectură, s-a încercat mărirea distanței dintre diafragmele transversale, obținîndu-se astfel structuri celulare (fig. 15.8, *b*). La aceste tipuri de structuri, diafragmele transversale așezate la distanțe mai mari delimitează, de obicei, apartamentul, permițînd modificări în cadrul acestei unități funcționale. În unele țări s-a ajuns la distanțe între diafragme de 10 ... 14 m, chiar la clădiri de locuit. Cu toate că diafragmele sînt așezate la distanțe mai mari, structurile celulare prezintă o comportare favorabilă la acțiunea încărcărilor orizontale, datorită conformării diafragmelor, care în mare parte sînt fără goluri de uși, eliminîndu-se astfel concentrările de eforturi din zonele ce mărginesc aceste goluri. Dacă în cazul structurii fagure realizarea planșeelor nu constituie o problemă deosebită, distanța dintre diafragme fiind mică, în cazul structurilor celulare această problemă devine mai dificilă. Avînd în vedere posibilitățile de execuție, s-au conturat două variante de planșeu : *dală groasă* (fig. 15.9, *a*) și *placă cu grinzi intermediare* (fig. 15.9, *b*) ; primul tip de planșeu prezintă avantajul unei execuții simple însă cu un consum sporit de oțel. În ultimul timp se folosesc din ce în ce mai mult planșee din elemente prefabricate cu goluri rotunde sau ovale, realizate din beton precomprimat. La ambele tipuri de structuri a apărut în multe cazuri necesitatea desființării la parter a tuturor diafragmelor, susținerea construcției făcîndu-se pe stîlpi (fig. 15.10). Această soluție, denumită cu *parter elastic*, prezintă din punctul de vedere al comportării la acțiunea încărcărilor orizontale o variație bruscă a rigidității și deci concentrări de eforturi ;

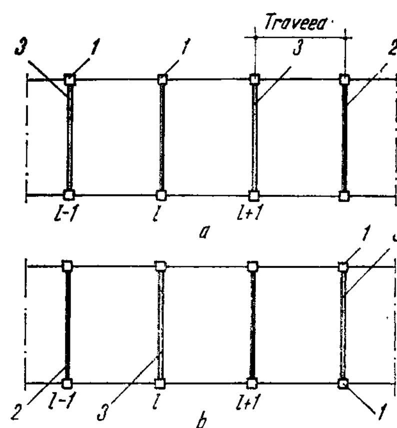


Fig. 15.11. Schema dispunerii diafragmelor la structurile cu grinzi-pereți decalate:

a – la nivelul *k*; *b* – la nivelul *k* + 1; *1* – stîlpi; *2* – diafragme transversale pe lățimea construcției; *3* – grinzi pentru planșee.

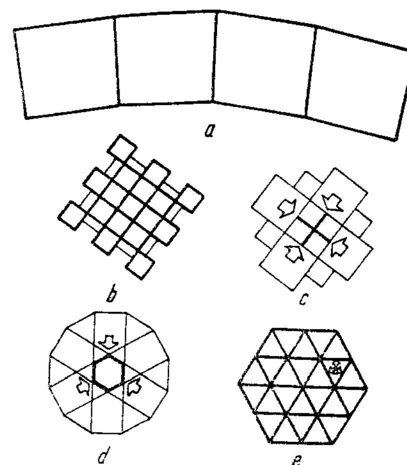


Fig. 15.12. Structuri cu diafragme liniare-plane și ochiuri poligonale de rețea:

a – clădire-bară frîntă; *b*; *c* – clădiri punct; *d* – clădire poligonală; *e* – clădire hexagonală.

— *structuri cu grinzi-pereți decalate*, care la un nivel curent au pereți transversali (plini sau cu goluri), extinși pe toată lățimea clădirii și pe înălțimea nivelului respectiv, dispuși numai la a doua travee, rezemați pe stîlpi. De la un nivel la altul, pereții transversali se decalează cu o travee (fig. 15.11). Astfel, se realizează spații degajate pe distanța a două travei, ceea ce permite o suficientă libertate în alcătuirea partiului. În acest caz, plăcile de planșeu se pot realiza de grosime mică, deoarece ele au deschiderea egală cu traveea. Un avantaj al acestui tip de structură este modul ușor de obținere la parter a unor suprafețe libere destul de mari, fără a se face nici un fel de transformare structurală;

— *structuri cu diafragmele dispuse pe o rețea oarecare*, dar cu laturile liniare, ochiurile rețelei fiind poligonale (fig. 15.12);

— *structuri cu diafragme dispuse după direcții arbitrare* (v. fig. 15.7, *c*), *cu diafragme curbe* (fig. 15.13), sau *cu diafragme cu contur închis, tub* (fig. 15.14). Aceste tipuri de diafragme nu se utilizează la clădirile de serie, folosirea lor fiind legată de realizarea unor construcții unicat, fie în vederea obținerii unui aspect plăcut al clădirii, fie în vederea rezolvării judicioase a proceselor funcționale.

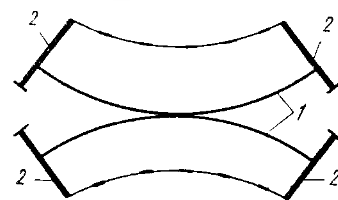


Fig. 15.13. Structuri cu diafragme curbe:

1 – diafragme longitudinale curbe; *2* – diafragme transversale drepte.

Varietatea distribuțiilor în plan a diafragmelor poate fi foarte mare (fig. 15.15).

După tehnologia folosită la turnarea diafragmelor, se disting structuri executate cu:

— *cofraje de inventar din panouri de lemn sau metal*, de dimensiuni mici; lungimea acestor panouri este mai mică decît lungimea unui perete;

— *cofraje plane universale tip INCERC, din metal*, avînd dimensiuni ce depășesc, în general, lungimea peretelui camerei;

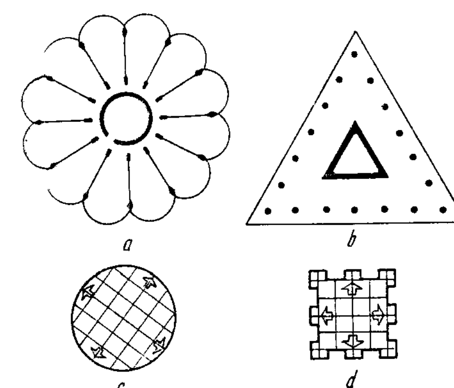


Fig. 15.14. Structuri cu diafragme cu contur închis:

a – clădire în formă de rozetă; *b* – clădire triunghiulară; *c* – clădire circulară; *d* – clădire punct.

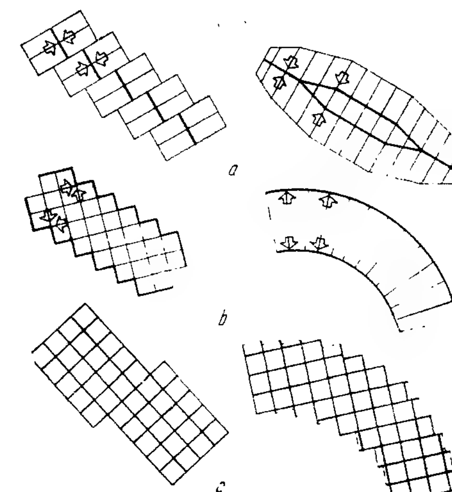


Fig. 15.15. Clădiri avînd forme în plan deosebite, rezolvate cu structuri de rezistență cu diafragme, dispuse:

a – la interior pe direcție longitudinală; *b* – la exterior pe direcție longitudinală; *c* – pe două direcții.

— *cofraje plane speciale, din metal*, confecționate pe dimensiunile pereților;

— *cofraje glisante* din panouri de lemn căptușite cu tablă.

Structurile cu diafragme turnate monolit, avantajoase tehnico-economic la clădiri cu peste 4 niveluri, la care procesul funcțional permite o distribuție identică a diafragmelor la toate nivelurile, se pot utiliza la locuințe colective, cămine, hoteluri, clădiri administrative. În ceea ce privește tipul de structură, în funcție de destinație, amplasament, plastică arhitecturală, se poate prevedea oricare cu condiția să satisfacă cerințele de funcționalitate (utilizarea spațiului, circulație, iluminare, izolare termică și fonică etc.), de rezistență și stabilitate (necesitatea de a asigura preluarea și transmiterea la teren a tuturor solicitărilor la care va fi supusă clădirea în timpul exploatării cu maximum de economie) și de tehnologie (utilizarea celei mai adecvate tehnologii de execuție încît să nu apară incompatibilități tehnice sau economice).

Practic, se pot aplica la clădirile joase și de înălțime medie toate tipurile de structuri prezentate. Totuși, studiile efectuate în condițiile țării noastre cu respectarea cerințelor arătate, au dus la utilizarea cu prioritate a anumitor tipuri de structuri (tab. 15.2) și a anumitor tehnologii de execuție (tab. 15.3).

15.2.2.2. **Clădiri cu structura în diafragme prefabricate din beton armat.** Unele dezavantaje pe care le prezintă clădirile cu diafragme din beton armat monolit (volum mare de manoperă, caracterul sezonier al execuției sau măsurile suplimentare costisitoare, care se iau pentru continuarea lucrărilor pe timp friguros) pot fi eliminate prin realizarea clădirilor din elemente prefabricate de beton armat, mai ales sub formă de panouri mari. Acest sistem constructiv, aplicat astăzi la noi în țară pe scară largă la clădirile de locuit cu S + P + 4E, cu posibilități de extindere la clădiri cu S + P + 10E (în regiuni cu grad de seismicitate maximum 7) este alcătuit integral din panouri mari de mărimea cel puțin a unei camere. Prin îmbinarea panourilor cu îmbinări rezistente (rigide) se formează un ansamblu de diafragme transversale, longitudinale și orizontale,

Tabelul 15.2

Înălțime	Destinație	Grad seismic	Forma clădirii: liniară	Forma clădirii: punct	Forma clădirii: alte forme	Dispoziția în plan a diafragmelor: sistem fagure modulat	Dispoziția în plan a diafragmelor: sistem celular modulat	Dispoziția în plan a diafragmelor: diafragme plane, dispuse oarecum	Dispoziția în plan a diafragmelor: diafragme frînte, dispuse oarecum	Alcătuirea fațadei: diafragme	Alcătuirea fațadei: cadre	Alcătuirea fațadei: panouri portante	Alcătuirea fațadei: panouri neportante
P+4E	locuințe, cămine, internate	6;7	[+]	+		[+]	[+]					+	[+]
		8;9	[+]	+		[+]	[+]			+	+	[+]	[+]
	hoteluri, clădiri administrative	6;7	[+]	+	+	[+]		+				+	[+]
		8;9	[+]	+	+	[+]		+			+	[+]	[+]
P+10E	locuințe, cămine, internate	6;7	[+]	[+]		[+]	[+]			[+]		+	[+]
		8;9	[+]	[+]		[+]	[+]			[+]	+	[+]	
	hoteluri, clădiri administrative	6;7	+	[+]	+	[+]		[+]	[+]	[+]		[+]	+
		8;9	+	[+]	+	[+]		[+]	[+]	[+]	+	+	

+ *posibil tehnic*
[+] *recomandabil*

Tabelul 15.3

Tehnologia de turnare a diafragmelor	Regim de înălțime: P + 3E; P + 4E	Regim de înălțime: P + 8E.... ...10E	Forma clădirii: liniară	Forma clădirii: punct	Forma clădirii: alte forme	Dispoziția în plan a diafragmelor: sistem fagure, modulat	Dispoziția în plan a diafragmelor: sistem celular, modulat	Dispoziția în plan a diafragmelor: diafragme plane, dispuse oarecum	Dispoziția în plan a diafragmelor: diafragme frînte, dispuse oarecum	Alcătuirea fațadei: diafragme	Alcătuirea fațadei: cadre	Alcătuirea fațadei: panouri portante	Alcătuirea fațadei: panouri neportante
Cofraje din panouri mici de placaj sau din metal	+	+	+	+	+	+	+	+			+		
Cofraje plane universale tip INCERC	[+]	[+]	[+]	[+]	+	[+]	[+]	+			+		[+]
Cofraje plane speciale	[+]	[+]	[+]	[+]	+	[+]	[+]	+	+	+	+	[+]	+
Cofraje glisante	+	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	+		

+ *posibil tehnic*
[+] *recomandabil*

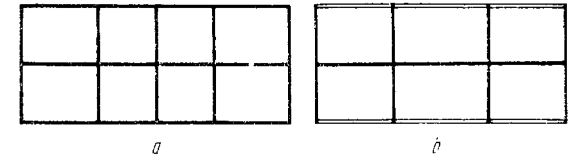


Fig. 15.16. Structuri pentru clădiri în diafragme din panouri mari:
a – cu diafragme transversale și longitudinale; *b* – fără diafragme portante, longitudinale, exterioare.

care se intersectează ortogonal, realizînd o structură rigidă spațial, evitîndu-se astfel comportarea gen castel de cărți de joc.

În practica proiectării s-au conturat două tipuri principale de structuri: structura cu diafragme portante interioare și exterioare, transversale și longitudinale (fig. 15.16, *a*) și structura fără diafragme longitudinale exterioare (fig. 15.16, *b*). Prin așezarea diafragmelor transversale la distanțe mai mici sau mai mari rezultă structuri tip fagure sau tip celular. Structura fagure asigură construcției o rigiditate mare, dînd naștere la clădiri cu o comportare la forțe orizontale apropiată pe ambele direcții principale (transversal și longitudinal). Teritoriul țării noastre fiind pe o anumită zonă seismic, normele recomandă utilizarea structurii tip fagure la realizarea clădirilor din panouri mari.

La elaborarea partiului de arhitectură trebuie îmbinate armonios mai multe cerințe:

— utilizarea unui număr relativ limitat de tipuri de panouri, deci folosirea unui număr cît mai restrîns de tipuri de travei și deschideri;

— realizarea de structuri cît mai simetrice față de axul longitudinal și evitarea disimetriilor pronunțate față de axul transversal;

— păstrarea aceleiași distribuții de arhitectură la toate nivelurile, admițîndu-se doar modificări de importanță redusă.

Analizînd aceste cerințe, se pare că posibilitățile de tratare plastică și arhitectonică a fațadelor clădirilor din panouri mari sînt limitate. În realitate, pentru a se evita monotonia la care conduce realizarea unui număr mare de clădiri similare, există multe posibilități care să nu afecteze totuși producția industrială (număr cît mai restrîns de tipuri de panouri); se recomandă ca proiectele să fie astfel întocmite, încît să permită obținerea unor fațade variate, prin modificarea unor elemente ale panourilor exterioare sau prin schimbarea finisajelor.

15.2.2.3. **Clădiri cu structura din elemente spațiale din beton armat.** Obținerea unui număr sporit de locuințe într-un timp cît mai scurt se face printr-o industrializare a tuturor lucrărilor de construcție. Sistemul de construcție din elemente spațiale (volumetrice) vine să răspundă acestei cerințe, prezentînd mai multe avantaje:

— comportare superioară la încărcări seismice, îmbinări și etanșări mai sigure și mai simple decît la structurile cu panouri mari;

— trecerea a peste 80 ... 90% din operațiile de pe șantier în fabrică, deci în producția industrializată (condiții de lucru și calificare superioară, producție neinfluențată de condițiile atmosferice etc.).

Structurile din elemente spațiale permit obținerea unei productivități sporite în construcții, manopera totală (consumată în fabrici și pe șantier) fiind cea mai redusă, în cazul clădirilor de locuit (fig. 15.17). În tabelul 15.4 se evidențiază avantajele tehnico-economice ale acestui sistem constructiv din punctul de vedere al gradului de industrializare, al duratei de execuție și al consumului de manoperă pe șantier, după studiile *Institutului de cercetare și proiectare al Consiliului Popular al Județului Iași*. Rezultate tehnico-economice bune s-au obținut prin utilizarea acestor tipuri de structuri în U.R.S.S.

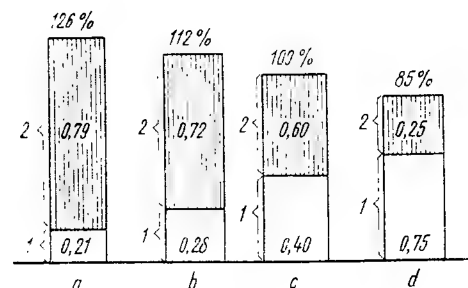


Fig. 15.17. Variația consumului de manoperă pentru clădiri cu pereți portanți, în funcție de tipul structurii :

a — pentru pereți din zidărie ; *b* — pentru pereți din blocuri mari ; *c* — pentru pereți din panouri mari ; *d* — pentru elemente spațiale ; *1* - manoperă consumată în fabrică ; *2* — manoperă consumată pe șantier.

Prin utilizarea structurilor din elemente spațiale se realizează ansambluri urbanistice și arhitectonice suficient de variate și deosebit de plăcute.

Există și critici privind utilizarea sistemului de construcție din elemente spațiale și anume că realizarea unor elemente foarte mari prefabricate (cu greutate

Tabelul 15.4

Structura de rezistență	Manopera pe șantier pentru un apartament mediu, convențional,		Durata de execuție exprimată comparativ, %	Gradul de industrializare (ponderea lucrărilor executate în fabrică), %
	ore	%		
Zidărie portantă	1800	100	100	5
Panouri mari	1200	65	75	40
Elemente spațiale	320	20	25	80

relativ mare) conduce la complicații în transport și montaj, apreciindu-se că industrializarea și mecanizarea pot fi extinse la multe alte sisteme de execuție printr-o organizare și coordonare mai bună a lucrărilor de construcții montaj.

Posibilitățile de aplicare a sistemului constructiv din elemente spațiale de dimensiuni mari sau mijlocii, complet prefinisate, cu instalații montate și care numai se asamblează pe șantier sînt foarte variate : apartamente spațiale de 2 ... 5 camere (din mai multe elemente), cabine spațiale de baie, camere spațiale pentru hoteluri, tronsoane spațiale pentru ascensoare etc.

Ca sisteme constructive se folosesc clădiri de locuit din elemente tip pahar, fără tavan (fig. 15.18) sau din elemente închise pe toate fețele (cutii). Dintre cele două sisteme : sistemul deschis, în care elementul spațial este livrat cu cel puțin un perete lipsă și ca urmare o parte din finisaj se execută pe șantier și sistemul închis, în care elementul spațial este livrat din fabrică închis complet, cu toate finisajele și instalațiile executate, pe șantier realizîndu-se numai un montaj de elemente, reiese că sistemul închis este mai economic.

La realizarea sistemului constructiv din elemente spațiale se poate folosi și betonul ușor ; la Iași se execută un bloc experimental din elemente spațiale confecționate cu beton de granulit de către Consiliul Popular al Județului Iași și cu asistența tehnică a Facultății de construcții și a Filialei — I.C.C.P.D.C. din Iași.

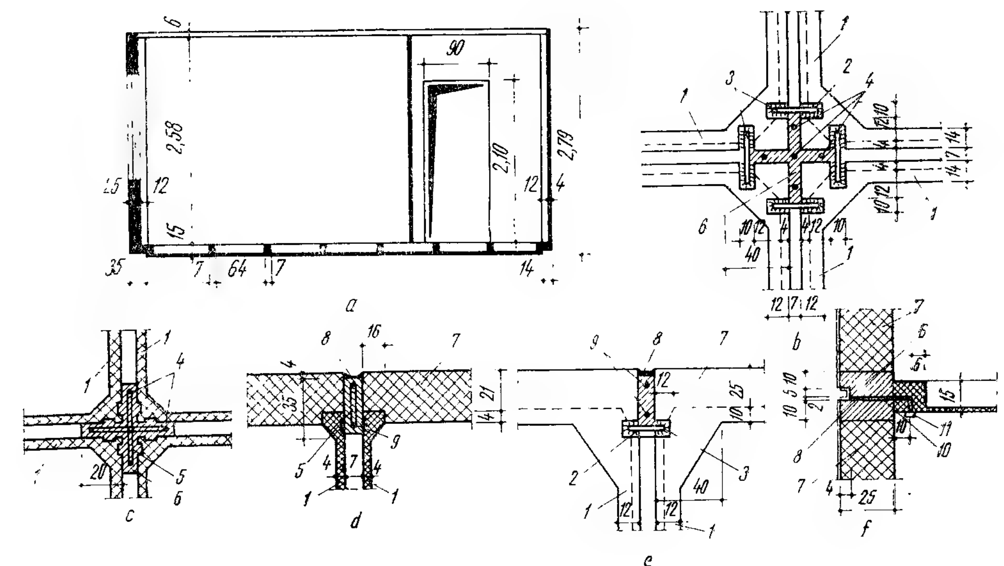


Fig. 15.18. Structură de rezistență din elemente spațiale pentru clădiri de locuit :

a — secțiune printr-un element spațial în formă de pahar ; *b* : *c* — îmbinări la intersecția pereților interiori ai elementelor spațiale ; *d* ; *e* — îmbinări între elementele spațiale în dreptul rosturilor verticale exterioare ; *f* — îmbinarea elementelor spațiale în dreptul unui rost orizontal exterior ; *1* — pereții interiori ai elementului spațial ; *2* — oțel lat 100 × 100 × 8 mm ; *3* — oțel-beton Ø 25, sudat de oțelul lat ; *4* — bare verticale în monolitizare, Ø 10 mm ; *5* — etrier Ø 5 mm/15 cm ; *6* — mortar de monolitizare ; *7* — peretele exterior al elementului spațial ; *8* — chit elasto-plastic ; *9* — bare verticale în monolitizare, 2 Ø 12 mm ; *10* — mortar de poză ; *11* — baghetă pentru acoperirea rostului orizontal.

15.2.3. CLĂDIRI CU STRUCTURA DE REZISTENȚĂ ÎN CADRE

Structurile în cadre pot fi realizate din beton armat, metal sau foarte rar din lemn. Ca tipuri de structuri se disting :

— structuri cu noduri rigide (fig. 15.19, *a*), care preiau și transmit fundațiilor forțele orizontale ;

— structuri cu stîlpi și rigle articulate (fig. 15.19, *b*), care nu preiau forțele orizontale. Pentru preluarea acestor forțe sînt necesare elemente de rigidizare (contravîntuire) din diafragme verticale (fig. 15.20) sau din grinzi cu zăbrele verticale (fig. 15.21) ; se folosesc, astfel, structuri mixte din cadre și diafragme cu conlucrare la forțe orizontale ;

— structuri care cuprind ambele soluții arătate mai sus (v. fig. 15.19, *c*).

Primul tip de structură este caracteristic costrucțiilor din beton armat, iar al doilea, construcțiilor metalice.

În ceea ce privește realizarea fațadelor construcțiilor cu schelet, se desprind două tendințe : într-un caz scheletul sau o parte din acesta este vizibil din

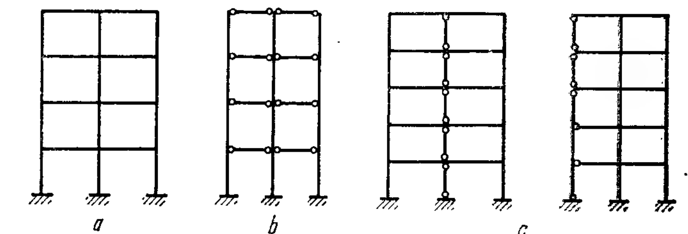


Fig. 15.19. Scheme de structuri în cadre :

a — cu noduri rigide ; *b* — cu rigle articulate ; *c* — combinate, cu unele noduri rigide și altele articulate.

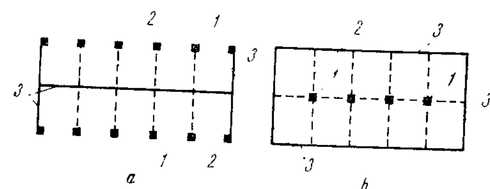


Fig. 15.20. Scheme de structuri mixte în cadre contravîntuite cu diafragme :

a — cu diafragme longitudinale interioare și transversale de fronton ; b — cu diafragme exterioare, longitudinale și transversale ; 1 — stilpi ; 2 — riglele cadrelor ; 3 — diafragme de contravîntuire.

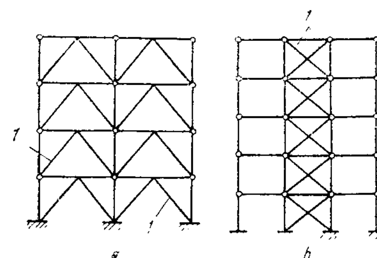


Fig. 15.21. Scheme de structuri în cadre contravîntuite :

a — cu contrafișe ; b — cu grinzi cu zăbrele ; 1 — diagonale de contravîntuire.

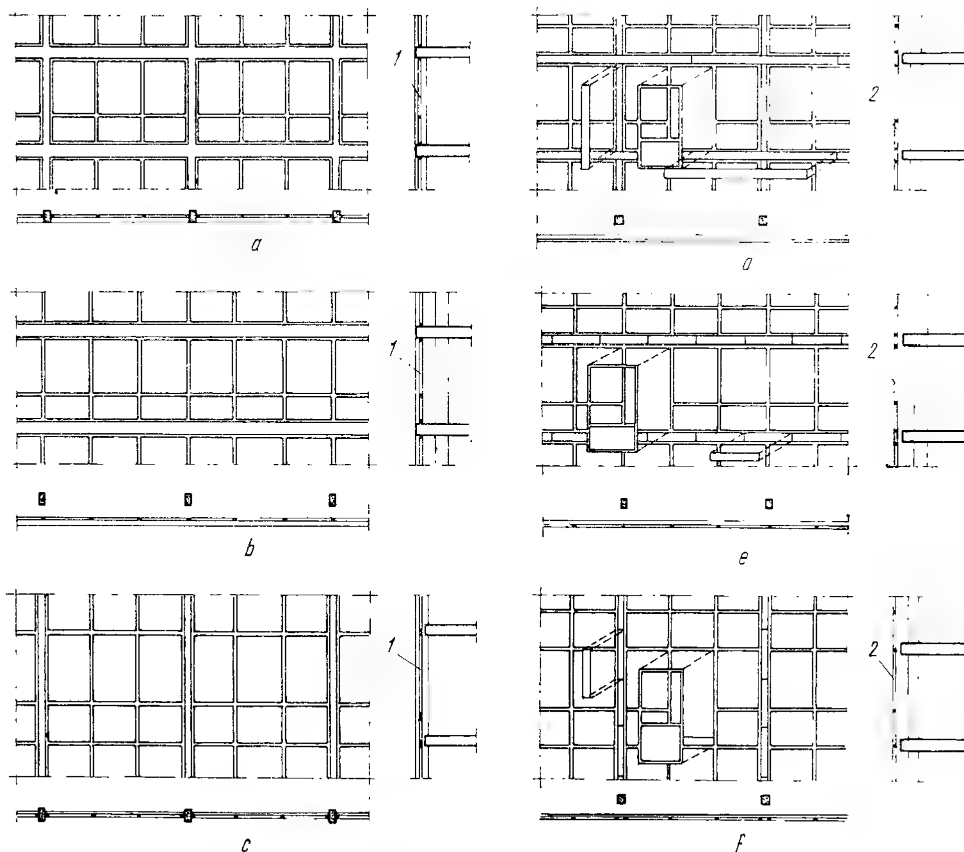


Fig. 15.22. Scheme de fațade pentru structuri cu schelet :

a — cu schelet aparent ; b — cu marginile planșeelor aparente ; c — cu stîlpi aparenți ; d — cu pereți cortină imitind scheletul de rezistență ; e — cu pereți cortină imitind marginile planșeelor ; f — cu pereți cortină imitind stîlpii scheletului ; 1 — panou de fațadă ; 2 — perete cortină.

exterior (fig. 15.22, *a*, *b*, *c*), iar în alt caz rămîne ascuns în spatele unui perete cortină (fig. 15.22, *d*, *e*, *f*).

În țara noastră mult timp s-au realizat clădiri cu schelet din beton armat monolit. Datorită unor dezavantaje constatate la acest sistem : grad de industrializare redus, consum mare de material lemnos la cofraje și din lipsa unor materiale ușoare în soluții corespunzătoare pentru pereții de închidere și compartimentare nu s-a putut fructifica avantajul principal al acestui tip de structură și anume posibilitatea reducerii greutății construcțiilor prin utilizarea betonului greu numai în cantitatea strict necesară pentru scheletul de rezistență și executarea din materiale ușoare a celorlalte elemente. Elementele de închidere și compartimentare cînd nu participă la preluarea solicitărilor constituie o încărcare suplimentară pentru scheletul de rezistență. Structurile în cadre din beton armat au o comportare foarte bună la acțiunea încărcărilor orizontale din seism deoarece prezintă o ductilitate bună.

Pentru eliminarea dezavantajelor referitoare la gradul redus de industrializare și la consumul mare de material lemnos la cofraje s-au făcut studii și cercetări în vederea înlocuirii structurilor din cadre de beton armat monolit cu structuri din cadre prefabricate.

Avînd la dispoziție în prezent materiale ușoare și soluții tehnice avantajoase pentru elementele de închidere și compartimentare, structura în cadre poate fi aplicată cu rezultate foarte bune la toate categoriile de clădiri, oferind o mare elasticitate partiului de arhitectură.

15.3. ELEMENTE PRINCIPALE PRIVIND COMPORTAREA MECANICĂ A CLĂDIRILOR

15.3.1. GENERALITĂȚI

În cadrul condițiilor tehnice pe care trebuie să le satisfacă clădirile de locuit, un loc important îl ocupă condițiile mecanice, legate de siguranța și exploatarea normală a acestora și care privesc asigurarea stărilor limită ultime (de rezistență, stabilitate etc.) și ale exploatării normale (de rigiditate, deformare, fisurare).

Preluarea încărcărilor gravitaționale (verticale) și a celor orizontale se face diferit în funcție de sistemul constructiv adoptat, dar indiferent de acesta, dacă structura este corect concepută pentru a realiza o rigiditate spațială a clădirii, preluarea încărcărilor și transmiterea acestora la terenul de fundație se face sub o formă spațială, mai mult sau mai puțin complicată.

Dacă preluarea și transmiterea încărcărilor verticale de către structură la terenul de fundație se face mult mai simplu și apare mult mai intuitiv, preluarea și transmiterea încărcărilor orizontale (vînt și seism) poate deveni extrem de complicată, în funcție de sistemul constructiv adoptat. Acesta este și motivul pentru care la calculul clădirilor se introduc o serie de ipoteze simplificatoare precizate în cadrul fiecărui tip de structură, prin care se încearcă să se transforme structurile, din sisteme spațiale multiplu static nedeterminate, în sisteme plane, cu posibilități simple și mai numeroase de calcul. În acest sens, la structurile folosite curent la clădirile de locuit o importanță deosebită o are rigiditatea planșeului în planul lui. Dacă planșeul prezintă o rigiditate redusă, uneori practic nulă în planul lui, rigiditatea spațială a clădirii nu este asigurată, fiecare element vertical de rezistență sub acțiunea încărcărilor orizontale se deformează independent și deci preluarea acestora se face de pe zona aferentă

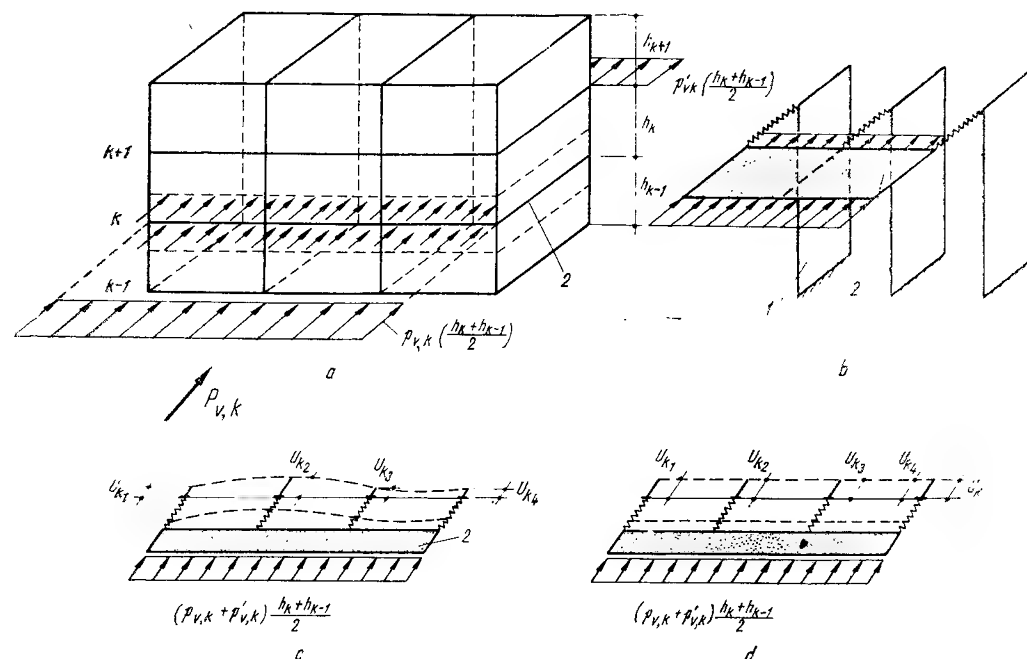


Fig. 15.23. Repartizarea încărcărilor orizontale la elementele verticale de rezistență:

a — **încărcarea** diafragmelor orizontale; *b* — transmiterea încărcării orizontale la elementele verticale portante; *c* — deformarea **independentă** a elementelor verticale portante; *d* — deplasarea planșeului cu rigiditate infinită; *1* — element vertical de rezistență; *2* — planșeu.

elementului (fig. 15.23, *c*). Analizînd celălalt caz extrem, cînd rigiditatea planșeului în planul lui este infinită, se constată că rigiditatea spațială a structurii este asigurată, elementele verticale sub acțiunea încărcărilor orizontale nu mai lucrează independent, deformațiile elementelor verticale mai puțin rigide fiind împiedicate de deformațiile elementelor verticale mai rigide (fig. 15.23, *d*). Aceasta conduce la o încărcare din forțe orizontale a elementelor verticale, proporțional cu rigiditățile acestora.

Problema devine mult mai complicată cînd rigiditatea planșeului în planul lui este cuprinsă practic între zero și infinit. În acest caz, în funcție de rigiditatea planșeului, preluarea încărcărilor orizontale se face atît proporțional cu rigiditatea elementelor verticale, cît și cu zona aferentă lor.

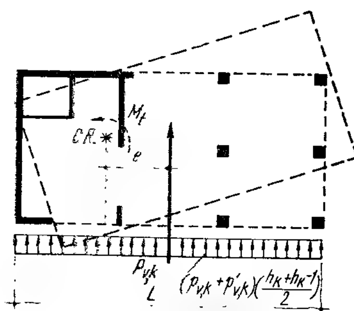


Fig. 15.24. Rotația structurii nesimetrice (geometric sau mecanic) în jurul centrului de rigiditate.

În cazul cînd planșeul prezintă o anumită rigiditate în planul lui și cînd direcția de acțiune a forței laterale totale de nivel (P_{vk}) nu trece prin centrul de rotație sau centrul de rigiditate al structurii (al grupului de elemente verticale de rezistență) se produce și o rotație a structurii în jurul centrului de rotație sau rigiditate (fig. 15.24). Deci, cînd centrul de rigiditate nu coincide cu direcția de acțiune a forței laterale, se produc în planul planșeului și momente de torsiune. Cum toate elementele de construcție lucrează defavorabil la torsiune, se recomandă ca structura să se alcătuiască de așa manieră încît să se evite fenomenele de răsucire.

15.3.2. REPARTIZAREA ÎNCĂRCĂRILOR ORIZONTALE DE NIVEL PROVENITE DIN ACȚIUNEA VÎNTULUI LA ELEMENTELE VERTICALE DE REZISTENȚĂ

Încărcările orizontale de nivel se repartizează, în mod obișnuit, la diafragme în funcție de rigiditățile acestora. Metodele folosite pentru această repartizare spațială, considerînd planșeul de rigiditate infinită în planul lui, se pot grupa în două categorii:

— metoda care se bazează pe egalitatea săgeților diafragmelor la fiecare nivel sau la ultimul nivel;

— metoda centrului de rigiditate, cu utilizarea rigidităților relative de nivel.

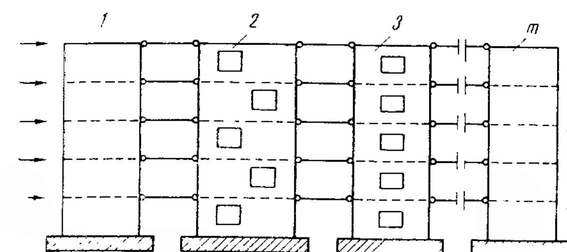


Fig. 15.25. Structură schematizată cu indicarea tuturor diafragmelor (1...*m*), cînd se pune condiția egalității săgeților diafragmelor, la fiecare nivel.

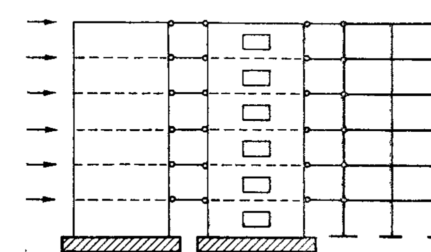


Fig. 15.26. Structură schematizată cu diafragmele de același tip grupate cînd se pune condiția egalității săgeților diafragmelor la toate nivelurile.

15.3.2.1. **Metoda egalității săgeților diafragmelor în dreptul planșeelor.** În funcție de numărul de condiții care se pun pentru egalitatea săgeților diafragmelor în dreptul planșeelor, se folosesc următoarele metode:

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune la fiecare nivel (fig. 15.25). Se formează, astfel, un sistem de $(m - 1)\cdot n$ ecuații, practic rezolvabil doar cu un calculator electronic de capacitate mare;

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune doar la cîteva niveluri în așa fel încît deformata de ansamblu a structurii să se păstreze:

— metoda în care diafragmele de același tip (pline, cu goluri mijlocii sau mari) se grupează (fig. 15.26), după care se pune condiția de egalitate a săgeților la toate nivelurile sau numai la cîteva niveluri. Ultimele două metode sînt simplificate, dar se pot utiliza cu rezultate bune în proiectare, erorile introduse față de prima metodă nefiind prea mari;

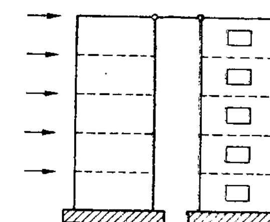


Fig. 15.27. Structură schematizată cu diafragmele de același tip grupate, cînd se pune condiția egalității săgeților diafragmelor la ultimul nivel.

— metoda în care condiția de egalitate a săgeților diafragmelor se pune la un nivel situat la 0,8 din înălțimea clădirii, sau la ultimul nivel, la vîrf (fig. 15.27). Este o metodă aproximativă, întrucît admite ipoteza că axele deformate ale tuturor diafragmelor sînt identice în dreptul tuturor planșeelor, dacă se realizează egalitatea de săgeți la nivelul considerat. Metoda dă rezultate satisfăcătoare în cazurile curente, permițînd totodată o repartiție a forțelor orizontale la fiecare diafragmă, identică ca formă cu cea a ansamblului structurii.

15.3.2.2. **Metoda centrului de rigiditate.** Este metoda de calcul care poate fi aplicată cu rezultate bune la

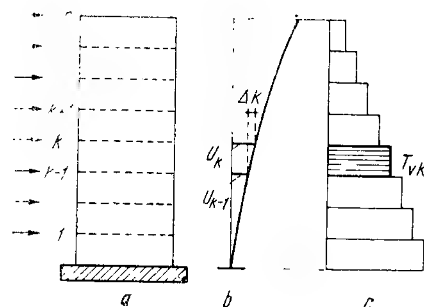


Fig. 15.28. Stabilirea rigidității relative de nivel:

a – schema diafragmelor solicitate de forțe orizontale; *b* – deformata diafragmei; *c* – diagrama de forțe tăietoare.

toate tipurile de structuri în cazul cînd planșeele prezintă o rigiditate infinită în planul lor și cînd rigiditățile relative de nivel ale elementelor verticale de rezistență, cuprinse între două planșee consecutive, sînt cunoscute.

Rigiditatea relativă de nivel se definește ca fiind raportul dintre forța tăietoare de nivel și deplasarea relativă a nivelului considerat, față de nivelul inferior (fig. 15.28) și este dată de relația:

$$R_k = \frac{T_{vk}}{U_k - U_{k-1}} = \frac{T_{vk}}{\Delta k}. \qquad (15.1)$$

Deci, rigiditatea relativă de nivel nu reprezintă o caracteristică invariabilă a elementului respectiv la nivelul considerat, deoarece depinde de deformata întregului element.

Astfel, se pot defini rigidități relative de nivel ale elementului, după axele principale de inerție (*rigidități principale* $R^{(1)}$, $R^{(2)}$ – fig. 15.29, *a*) și rigidități relative de nivel după o axă oarecare (*rigidități oblice* – $R^{(x)}$, $R^{(x,y)}$, $R^{(y)}$, $R^{(y,x)}$ – fig. 15.29, *b*).

După cum s-a arătat, este necesar a cunoaște poziția rezultantei încărcărilor exterioare față de centrul de rigiditate. În acest sens, se determină centrul de rigiditate (răsucire), adică punctul prin care, dacă trece forța laterală totală de nivel (rezultanta încărcărilor exterioare), nivelul superior efectuează numai o mișcare de translație în raport cu nivelul inferior. Determinarea poziției centrului de rigiditate se face cu ajutorul rigidităților relative de nivel.

Etapele de calcul care se parcurg sînt următoarele:

– structura spațială se descompune într-un ansamblu de sisteme simple (cadre, diafragme, stîlpi – fig. 15.30);

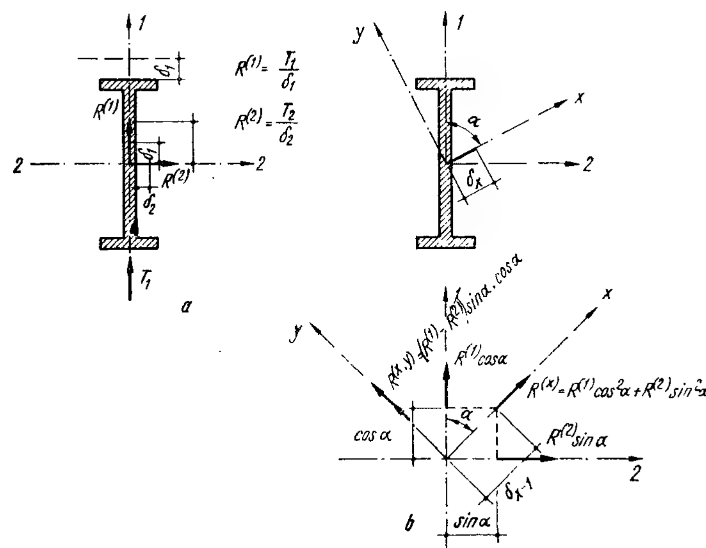


Fig. 15.29. Rigidități relative de nivel, definite după:

a – axele principale de inerție ale elementului (rigidități principale); *b* – axe oarecare (rigidități oblice).

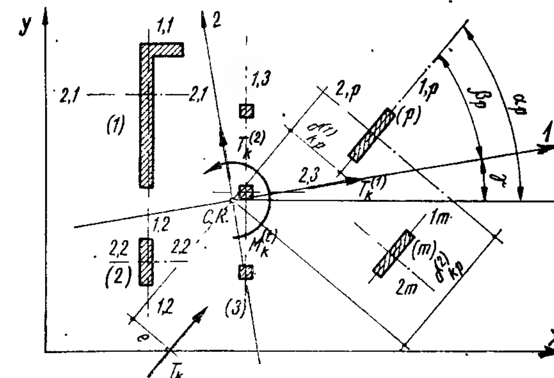


Fig. 15.30. Elemente mecanice privind rigiditățile relative de nivel la o structură cu diferite elemente verticale de rezistență (stîlpi, diafragme etc.).

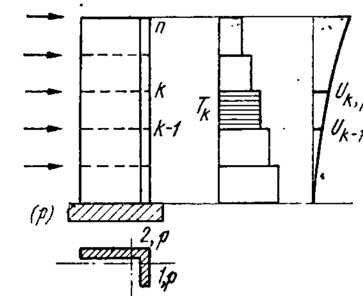


Fig. 15.31. Schemă de încărcare a construcției cu forțe orizontale de valoare arbitrară pentru determinarea în primă aproximație, a rigidităților relative de nivel.

– se aplică asupra elementelor verticale (cadrelor, diafragmelor, stîlpilor) forțe orizontale de valoare arbitrară, distribuite analog forțelor reale aplicate pe întreaga construcție (fig. 15.31) și se determină, în prima aproximație, rigiditățile relative de nivel, după axele principale ale fiecărui element $R^{(1)}_{k,1}$; $R^{(2)}_{k,1}$; . . . ; $R^{(1)}_{k,m}$; $R^{(2)}_{k,m}$;

– se alege un sistem arbitrar de axe x,o,y față de care se determină rigiditățile relative oblice $R^{(x)}_{k,1}$; $R^{(y)}_{k,1}$; $R^{(x,y)}_{k,1}$; . . . ; $R^{(x)}_{k,m}$; $R^{(y)}_{k,m}$; $R^{(x,y)}_{k,m}$. Cunoscînd rigiditățile relative oblice ale fiecărui element, se determină centrul de rigiditate al sistemului și axele principale de rigiditate;

$$\operatorname{tg} 2\gamma = \frac{\sum\limits_{p=1}^{m} (R^{(1)}_{kp} - R^{(2)}_{kp}) \sin 2\alpha_p}{\sum\limits_{p=1}^{m} (R^{(1)}_{kp} - R^{(2)}_{kp}) \cos 2\alpha_p}. \qquad (15.2)$$

Rigiditățile relative oblice totale (pe ansamblul structurii) sînt date de relațiile:

$$R^{(1)}_k = \sum_{p=1}^{m} (R^{(1)}_{kp} \cos^2 \beta_p + R^{(2)}_{kp} \sin^2 \beta_p);$$

$$R^{(2)}_k = \sum_{p=1}^{m} (R^{(1)}_{kp} \sin^2 \beta_p + R^{(2)}_{kp} \cos^2 \beta_p); \qquad (15.3)$$

– se determină forța tăietoare de nivel pe ansamblul structurii cu relația:

$$T_k = \sum_{i=k}^{n} P_{vi}. \qquad (15.4)$$

După cum forța tăietoare trece sau nu prin centrul de rigiditate al structurii (*C.R.*) apare sau nu torsiunea structurii de rezistență. Cînd forța tăietoare trece prin centrul de rigiditate, momentul de torsiune este nul. În acest caz, descompunînd forța tăietoare totală de nivel după cele două axe principale de rigiditate, $T^{(1)}_k$ și $T^{(2)}_k$, se pot determina forțele tăietoare de nivel care revin fie-

cărui element. De exemplu, pentru elementul p (v. fig. 15.30) forțele tăietoare de nivel sînt date de relațiile:

$$T_{kp}^{(1)} = \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \sin \beta_p ; \tag{15.5}$$

$$T_{kp}^{(2)} = \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \cos \beta_p . \tag{15.6}$$

Cînd forța tăietoare totală de nivel, T_k, nu trece prin centrul de rigiditate, structura este solicitată și de un moment de torsiune $M_k^{(t)} = T_k e$. În acest caz forțele tăietoare de nivel care revin fiecărui element vertical de rezistență sînt date de relațiile:

$$T_{kp}^{(1)} = \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(1)} d_{kp}^{(1)} (T_k^{(1)} e_2 - T_k^{(2)} e_1)}{\sum_{p=1}^{m} [R_{kp}^{(1)} (d_{kp}^{(1)})^2 + R_{kp}^{(2)} (d_{kp}^{(2)})^2]} ; \tag{15.7}$$

$$T_{kp}^{(2)} = \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(1)}} T_k^{(1)} \sin \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)}}{R_k^{(2)}} T_k^{(2)} \cos \beta_p + \frac{R_{kp}^{(2)} d_{kp}^{(2)} (T_k^{(1)} e_2 - T_k^{(2)} e_1)}{\sum_{p=1}^{m} [R_{kp}^{(1)} (d_{kp}^{(1)})^2 + R_{kp}^{(2)} (d_{kp}^{(2)})^2]} , \tag{15.8}$$

unde e_1 și e_2 sînt proiecțiile excentricității e după cele două axe principale de rigiditate;

— cu eforturile secționale determinate în prima aproximație, pentru fiecare element se determină deformatele, $U_{k,p}$, rigiditățile relative de nivel ale fiecărui element $R_{k,p}^{\prime(1)} = T_k^{(1)} / U_k^{\prime(1)} - U_{k-1,p}^{\prime(1)}$ și rigiditățile relative totale de nivel;

— forța tăietoare de nivel se repartizează la elementele de rezistență proporțional cu noile rigidități determinate.

De obicei, aceste două aproximații sînt suficiente; apare necesară o a treia aproximație numai în cazul cînd variația rigidităților pe înălțimea construcției este mare.

În acest fel se determină forțele orizontale repartizate fiecărei diagrame. Un dezavantaj al metodei rezidă din faptul că la determinarea eforturilor secționale în diafragmele cu goluri mijlocii (capitolul 16) nu în toate cazurile se pot folosi abacele și tabelele date pentru încărcări uniform distribuite.

Capitolul 16

CALCULUL CLĂDIRILOR CU STRUCTURI DE REZISTENȚĂ DIN DIAFRAGME DE BETON ARMAT

16.1. ELEMENTE GENERALE PRIVIND CALCULUL DIAFRAGMELOR

În alcătuirea clădirilor cu structuri în diafragme de beton armat se întîlnesc, de obicei, două tipuri de diafragme: pline și cu goluri. *În funcție de dispunerea golurilor*, pot fi:

— ***diafragme cu un șir de goluri*** (fig. 16.1, *a*);
— ***diafragme cu mai multe șiruri de goluri*** (fig. 16.1, *b*);
— ***diafragme cu goluri așezate oricum*** (fig. 16.1, *c*).

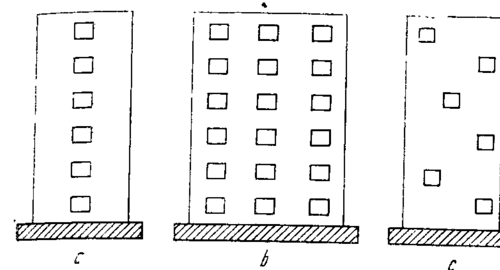


Fig. 16.1. Diafragme cu goluri:
a — cu un șir de goluri; *b* — cu mai multe șiruri de goluri; *c* — cu goluri așezate oricum.

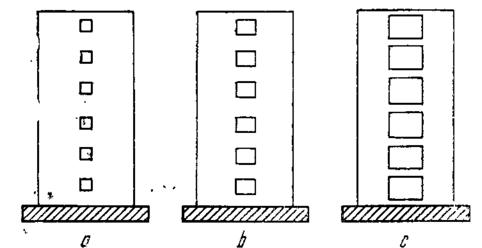


Fig. 16.2. Tipuri de diafragme cu goluri, în funcție de coeficientul de monolitism, α:
a — cu goluri mici, $\alpha > 10$; *b* — cu goluri mijlocii, $1 < \alpha \leqslant 10$; *c* — cu goluri mari, $\alpha \leqslant 1$.

Diafragmele cu goluri, din punctul de vedere al calculului, se pot caracteriza prin *coeficientul de monolitism* α și se pot clasifica, de exemplu în funcție de acesta, în:

— *diafragme cu goluri mici*, $\alpha > 10$ (fig. 16.2, *a*);
— *diafragme cu goluri mijlocii*, $1 < \alpha \leqslant 10$ (fig. 16.2, *b*);
— *diafragme cu goluri mari*, $\alpha \leqslant 1$ (fig. 16.2, *c*).

Coeficientul de monolitism α este un număr adimensional, care exprimă o rigiditate convențională a diafragmelor și este definit, în general, prin diferite relații. De exemplu, coeficientul de monolitism α se stabilește, pentru o diafragmă cu mai multe șiruri de goluri (fig. 16.3), cu relația:

$$\alpha = \left[\sqrt{\frac{6E_b}{Eh(I_1 + I_2 + \ldots + I_n)} \sum_{i=1}^{n} \frac{i_i c_i^2}{a_i^3}} \right] H = \omega H, \tag{16.1}$$

în care: $I_1 \ldots I_n$ sînt momentele de inerție ale lamelelor (șpaleților);
E — modulul de elasticitate al betonului din șpaleți;
$i_1 \ldots i_{n-1}$ — momentele de inerție ale buiandrugilor;
E_b — modulul de elasticitate la încovoiere al betonului din buiandrugi.

Rezultă că coeficientul de monolitism α depinde de caracteristicile geometrice și mecanice ale elementelor ce alcătuiesc diafragma (șpaleți și buiandrugi), de geometria diafragmei și golurilor, ca și de rigiditatea elementelor structurale componente.

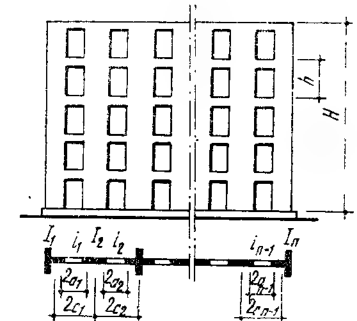


Fig. 16.3. Diafragmă cu mai multe șiruri de goluri; determinarea caracteristicilor geometrice.

La diafragmele cu goluri mici, față de diafragmele pline, golurile nu modifică decît local starea de tensiuni, deci ele se calculează ca și diafragmele pline; se verifică în plus buiandrugii pentru ca să poată prelua eforturile de lunecare care apar între două goluri consecutive.

La diafragmele cu goluri mari, buiandrugii fisurează la legătura cu lamelele diafragmei, în acest fel ei asigurînd doar deplasarea egală sub acțiunea încărcărilor orizontale a tuturor lamelelor diafragmei (fig. 16.4).

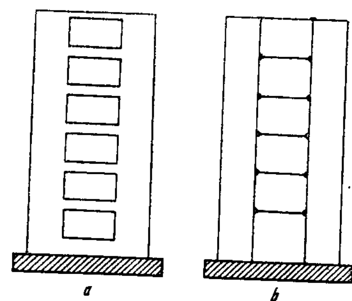


Fig. 16.4. Diafragmă cu goluri mari:
a – elevație; *b* – schema de calcul cu buiandrugii pendulari, articulați în spaleți.

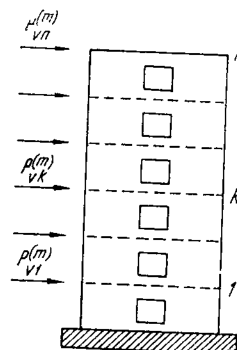


Fig. 16.5. Schema simplificată de calcul a diafragmei *m* cu goluri mijlocii și cu *n* niveluri, solicitată de forțe orizontale în dreptul planșeelor.

La diafragmele cu goluri mijlocii, starea de tensiuni devine mult mai complexă, calculul acestor diafragme ridicînd probleme cu totul deosebite.

Așa cum s-a arătat, încărcările orizontale se distribuie diafragmelor structurii, la fiecare nivel, pe baza rigidităților lor, deci fiecare diafragmă se consideră solicitată de încărcările de nivel care acționează asupra ei (fig. 16.5). Diafragma se va comporta ca un element în consolă solicitat la încărcări orizontale și verticale.

Soluționarea problemei care constă în determinarea tensiunilor se face aproximativ, acceptîndu-se anumite ipoteze simplificatoare de calcul:

– materialul din care este alcătuită diafragma se consideră omogen și perfect elastic (se admite valabilitatea legii lui Hooke);

– structura se consideră compusă dintr-o serie de console solicitate la încovoiere, forfecare și eforturi axiale.

Plecînd de la aceste ipoteze generale de calcul, în calculul diafragmelor au apărut o serie de metode mai mult sau mai puțin riguroase. Fără a intra în analiza tuturor acestor metode, mai ales în cazul diafragmelor cu goluri, în cele ce urmează se prezintă metodele cele mai des utilizate în practica de proiectare.

16.1.1. CALCULUL DIAFRAGMELOR PLINE

Diafragma plină se consideră ca o consolă încastrată la bază și solicitată de încărcările orizontale și verticale aferente (fig. 16.6).

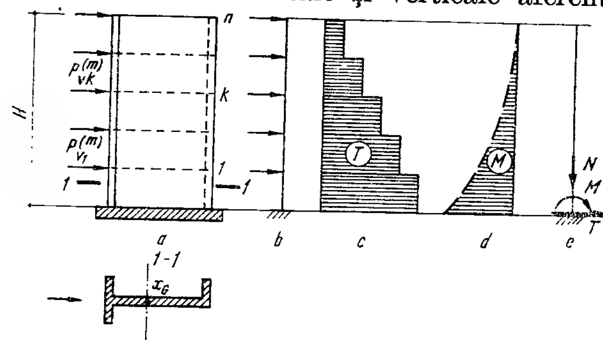


Fig. 16.6. Schema simplificată de calcul a unei diafragme pline:
a – elevația diafragmei solicitată de încărcări orizontale în dreptul planșeelor; *b* – modelul mecanic (consolă încastrată în teren); *c* – variația forței tăietoare pe înălțimea diafragmei; *d* – diagrama de momente încovoietoare; *e* – starea de eforturi în punctul de încastrare datorită forțelor gravitaționale și orizontale.

La diafragmele cu goluri, starea de tensiuni este perturbată de prezența golurilor care influențează atît prin amplasamentul cît și prin mărimea lor, raportată la mărimea plinurilor verticale (lamele) și a buiandrugilor (elemente de legătură dintre lamele). Fiind folosite pentru structurile clădirilor civile multietajate cu procese funcționale identice la toate nivelurile, de obicei diafragmele au golurile așezate în șiruri verticale. Dacă se păstrează pe înălțimea clădirii și proprietățile geometrice, diafragma se poate considera ca o *structură monotonă*.

Întrucît proprietățile elementelor componente ale diafragmei (lamele și buiandrugi) nu îndeplinesc condițiile care să permită asimilarea lor ca bare, metodele staticii sistemelor alcătuite din bare nu pot fi aplicate decît în mod izolat și oarecum forțat, după o adaptare corespunzătoare. Diafragmele cu goluri au o comportare oarecum intermediară între diafragme pline și cadre.

Dacă rigiditatea buiandrugilor este mare, se poate neglija prezența golurilor în calculul de ansamblu al secțiunii diafragmei. În acest caz, diafragmele cu goluri intră în categoria diafragmelor cu goluri mici (fig. 16.7, *b*) iar calculul lor se face ca și cel al diafragmelor pline.

Cînd rigiditatea buiandrugilor este mică, aceștia se pot neglija în calcule, buiandrugii servind doar ca elemente orizontale de legătură între lamelele verticale ale diafragmei (penduli). Este cazul diafragmelor cu goluri mari, cînd

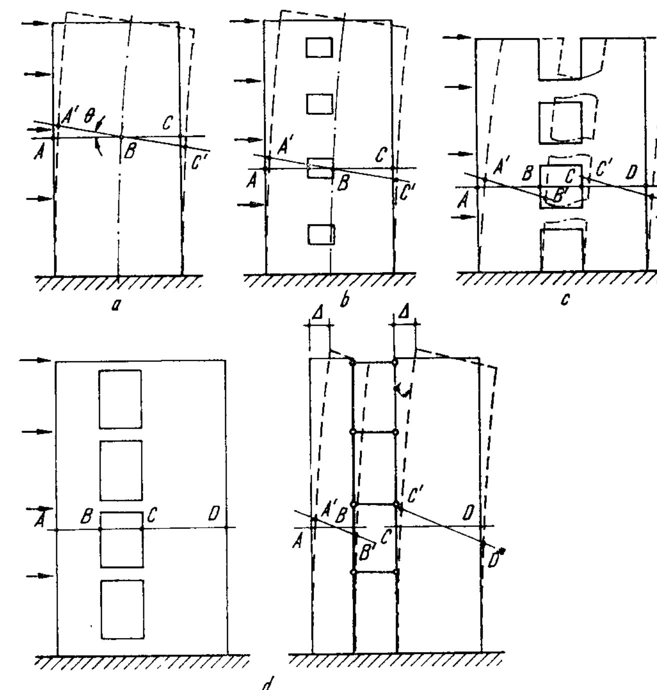


Fig. 16.7. Modul de deformare a principalelor tipuri de diafragme sub acțiunea forțelor orizontale, ținînd seama de geometria și gradul lor de monolitism, în funcție de rigiditățile buiandrugilor și a lamelelor verticale:
a – diafragmă plină; *b* – diafragmă cu goluri mici; *c* – diafragmă cu goluri mijlocii; *d* – diafragmă cu goluri mari.

lamelele verticale lucrează independent, avînd însă deplasări egale în dreptul buiandrugilor, asigurate de către aceştia (fig. 16.7, *d*).

Dacă rigiditatea buiandrugilor este intermediară cazurilor arătate mai sus, în cazul diafragmelor cu goluri mijlocii, lamelele verticale nu mai lucrează independent (rigiditatea buiandrugilor nu mai poate fi neglijată). În acest caz, diafragma nu mai poate fi calculată ca o diafragmă plină, golurile avînd o influenţă esenţială asupra stării de tensiune în diafragmă (fig. 16.7, *c*).

Trebuie menţionat, de asemenea, că structurile în diafragme, folosite la clădirile etajate prezintă o largă varietate de forme constructive (aşezarea golurilor, variaţia rigidităţii pe verticală etc.). Ţinînd seama de aceste aspecte, apare ca necesară clasificarea structurilor cu diafragme în două categorii sub aspectul metodelor obişnuite de calcul ce sînt utilizate:

— structuri de tip curent care intervin de regulă la clădirile de locuit etajate, la unele clădiri hoteliere, administrative şi social-culturale, caracterizate printr-o dispunere adecvată a diafragmelor fără variaţii mari de rigiditate de la un nivel la altul, prin goluri de uşi şi ferestre, amplasate practic la fel la toate nivelurile si solicitate de încărcări practic egale la toate nivelurile;

— structuri de tipuri speciale, care ies din cadrul conturat mai sus şi care necesită un calcul prin metode analitice, bazate pe teoria elasticităţii.

Structurile care intervin cu cea mai mare frecvenţă la clădirile civile şi în special la cele de locuit, sînt structurile de tip curent. Pentru aceste structuri prezintă interes metodele de calcul aproximativ, care permit determinarea eforturilor cu minimum de calcule, rămînînd ca pentru structurile de tip special să se apeleze la metode de calcul mai avansate (volum sporit de calcule, care practic poate fi efectuat doar cu ajutorul calculatoarelor electronice).

Metodele simplificate, care pornesc de la admiterea diafragmelor pline sau cu goluri ca ***structuri monotone*** pe înălţimea clădirii, presupun următoarele ipoteze:

— caracteristicile geometrice şi de material ale diafragmelor sînt constante pe toată înălţimea construcţiei;

— înălţimile etajelor sînt egale;

— golurile sînt suprapuse şi au aceleaşi dimensiuni la toate nivelurile;

— dimensiunile buiandrugilor sînt aceleaşi pe înălţimea clădirii;

— încărcările orizontale variază pe înălţimea construcţiei după o lege simplă (de exemplu distribuţie uniformă pentru încărcarea din vînt şi distribuţie triunghiulară pentru încărcările seismice);

— spaleţii diafragmelor au o lăţime suficientă în comparaţie cu înălţimea etajului, încît eforturile localizate, transmise prin buiandrugi, să poată fi considerate ca repartizate în lungul fibrei mediane a acestora;

— buiandrugii au momentul de inerţie mic în comparaţie cu momentele de inerţie ale spaleţilor;

— ipoteza lui Navier este valabilă numai în secţiunile transversale ale spaleţilor luaţi individual, dar nu şi pentru întreaga secţiune transversală a diafragmei;

— planşeele sînt indeformabile în planul lor, fiind deci capabile de a impune aceleaşi deplasări tuturor elementelor din care este alcătuită structura.

În condiţiile arătate, încărcările orizontale repartizate fiecărei diagrame, păstrează legea de variaţie pe verticală admisă pentru încărcarea în ansamblu a clădirii şi deci fiecare diafragmă poate fi calculată ca o structură monotonă.

Dintre metodele de calcul simplificate şi de complexitate medie cele mai utilizate sînt:

— metoda structurii continue echivalente;

— metoda cadrelor.

16.1.2.1. **Metoda structurii continue echivalente.** Este metoda fundamentată teoretic în lucrările lui A l b i g é s - G o u l e t, cu formulări şi prelucrări ulterioare date de R. R o s m a n, E. E. T r a u m, J. D e s p e y r o u x, M. H a n g a n, M î r ş u - V u c şi alţii.

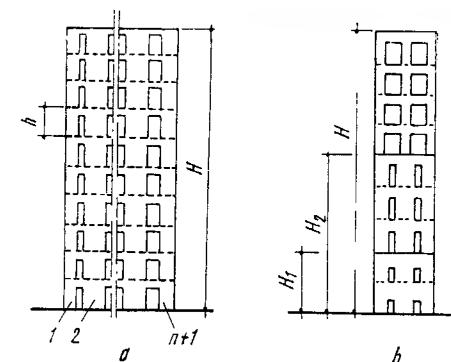


Fig. 16.8. Diafragme cu goluri:
a – cu mai multe şiruri de goluri de mărimi diferite; *b* – cu geometria golurilor şi grosimea diafragmei diferită pe niveluri; 1...*n* + 1 – lamele verticale.

Această metodă este generalizată de J. D e s p e y r o u x şi V. G u i l l o t putînd fi aplicată pentru cazul diafragmelor cu mai multe şiruri de goluri şi cu o distribuţie oarecare a încărcărilor orizontale. Metoda este generalizată şi pentru diafragmele care prezintă schimbări de caracteristici geometrice la diferite niveluri şi goluri de mărimi diferite (fig. 16.8).

Principiul metodei constă în a înlocui diafragma cu goluri prin console elementare legate, în locul buiandrugilor caracterizaţi ca legături discrete (fig. 16.9, *b*), prin legături continue (fig. 16.9, *c*) în care apar eforturi tangenţiale distribuite pe înălţimea lamelelor (fig. 16.9, *d*).

Scriind ecuaţiile de echilibru static şi de compatibilitate a deformaţiilor, se obţine un sistem de ecuaţii diferenţiale prin a cărui rezolvare se determină valorile eforturilor de lunecare $\tau_r(x)$. Efortul de lunecare într-un buiandrug *r* situat la cota *x* este dat de relaţia:

$$L_{r,bx} = \tau_r(x)\, h, \tag{16.2}$$

unde *h* este înălţimea nivelului de la cota *x*.

Dacă se notează cu $M(x)$ şi $T(x)$ momentul încovoietor, respectiv forţa tăietoare pe ansamblul diafragmei la cota *x* (fig. 16.10), eforturile secţionale (mo-

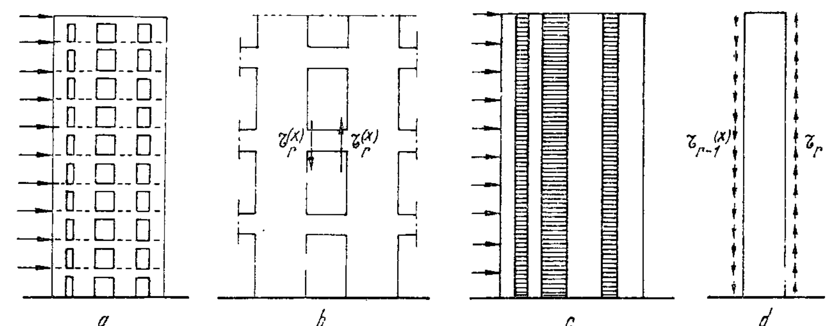


Fig. 16.9. Principiul metodei de calcul a structurilor continue echivalente, după D e s p e y r o u x şi G u i l l o t, pentru diafragme cu goluri mijlocii:
a – elevaţia diafragmei; *b* – eforturi unitare tangenţiale din lunecare, în buiandrugi consideraţi ca legături discrete; *c* – elevaţia diafragmei cu legături continue între lamele; *d* – eforturi unitare tangenţiale în lungul lamelelor considerate drept console elementare.

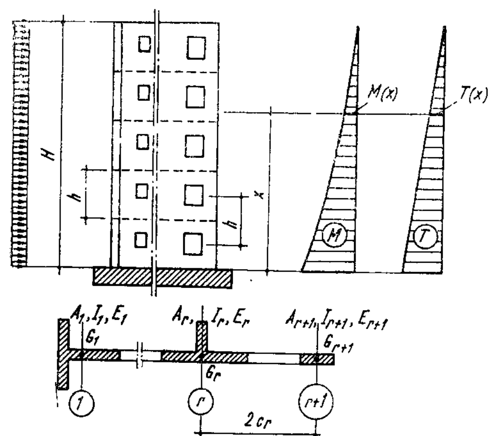


Fig. 16.10. Stabilirea eforturilor secţionale (moment încovoietor şi forţă tăietoare) în lamelele unei diafragme cu goluri (după Despeyroux şi Guillot).

mentul încovoietor, forţa tăietoare şi forţa axială) în lamela r a diafragmei, la cota x, sînt date de relaţiile:

$$M_r(x) = \frac{E_r I_r}{\sum_s E_s I_s}\left[M(x) - \sum_r 2c_r \int_x^H \tau_r(x)\,\mathrm{d}x\right]; \qquad (16.3)$$

$$T_r(x) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x} M_r(x) = \frac{E_r I_r}{\sum_s E_s I_s}\left[T(x) + \sum_r 2c_r \tau_r(x)\right]; \qquad (16.4)$$

$$N_r(x) = \int_x^H [\tau_r(x) - \tau_{r-1}(x)]\,\mathrm{d}x. \qquad (16.5)$$

Metoda se pretează la stabilirea unor programe de calcul la calculator.

Plecînd de la această metodă, pentru cazurile curente din proiectare, prin introducerea unor ipoteze simplificatoare de calcul s-a ajuns la o metodă care poate fi aplicată cu succes în proiectare prin utilizarea unor abace de calcul (fig. 16.11; 16.12; 16.13 şi 16.14). Ipotezele simplificatoare care se admit sînt:

— deformaţiile din eforturi normale în buiandrugi sînt neglijabile în raport cu deplasările orizontale ale elementelor diafragmei (lamelelor) la acelaşi nivel;

— lamelele diafragmei sînt considerate încastrate la baza lor;

— clădirea este relativ înaltă;

— caracteristicile geometrice ale buiandrugilor şi ale elementelor diafragmei sînt constante pe înălţimea clădirii; pot varia de la un rînd de buiandrugi la altul şi de la un element al diafragmei la altul;

— încărcările verticale considerate că se aplică simultan sînt uniform repartizate pe înălţimea diafragmei şi aplicate cu excentricitate constantă;

— încărcările orizontale sînt considerate constante pe înălţimea diafragmei (deci, încărcări din acţiunea vîntului).

În cazul general, se pot scrie expresiile eforturilor de lunecare în buiandrugi, respectiv a momentului încovoietor, forţei tăietoare şi a forţei axiale în lamelele diafragmei folosind următoarele notaţii:

ν este numărul lamelelor diafragmei, numerotate de la 1 la $\nu + 1$;

i — numărul de ordine al lamelei curente, respectiv numărul de ordine al şirului de buiandrugi situat între lamela i şi lamela $i + 1$;

$2a_i$ — lungimea buiandrugului i situată între punctele de încastrare în lamelele alăturate (fig. 16.15);

$2c_i$ — distanţa între centrele de greutate a două lamele consecutive (fig. 16.15);

b_i — distanţa de la centrul de greutate al lamelei i pînă la punctul de încastrare al buiandrugului i (fig. 16.15);

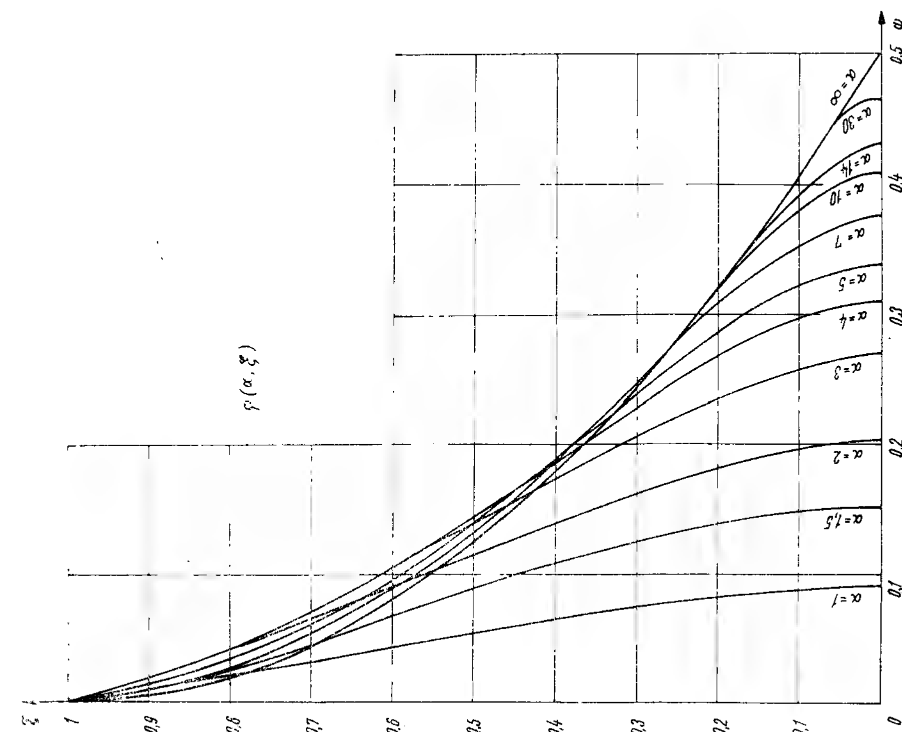


Fig. 16.12. Abacă pentru stabilirea funcţiei $\psi(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux şi Guillot).

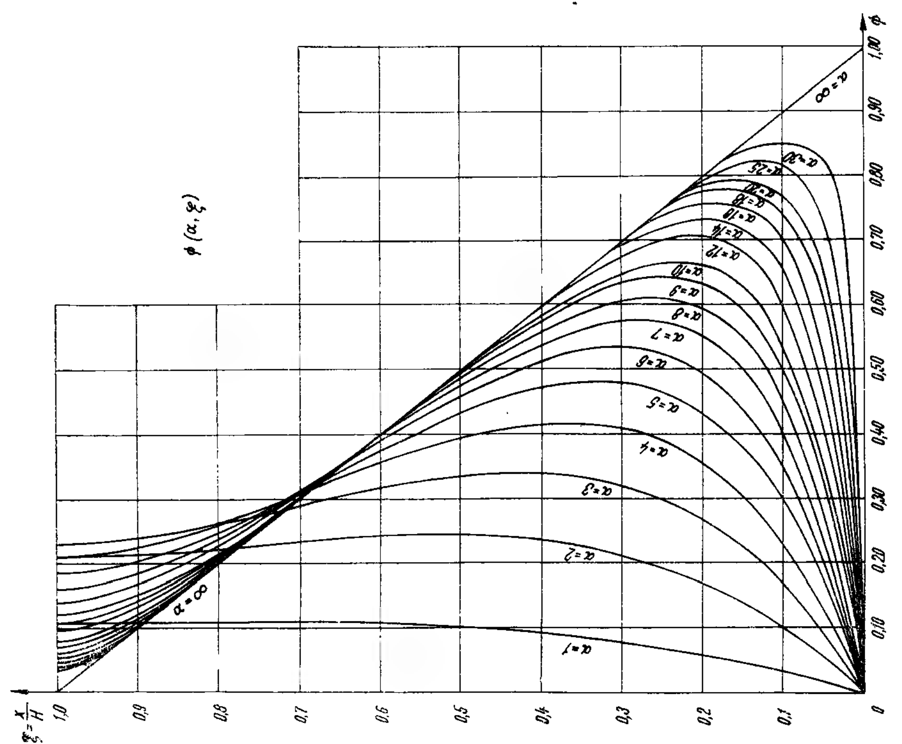


Fig. 16.11. Abacă pentru stabilirea funcţiei $\varphi(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux şi Guillot).

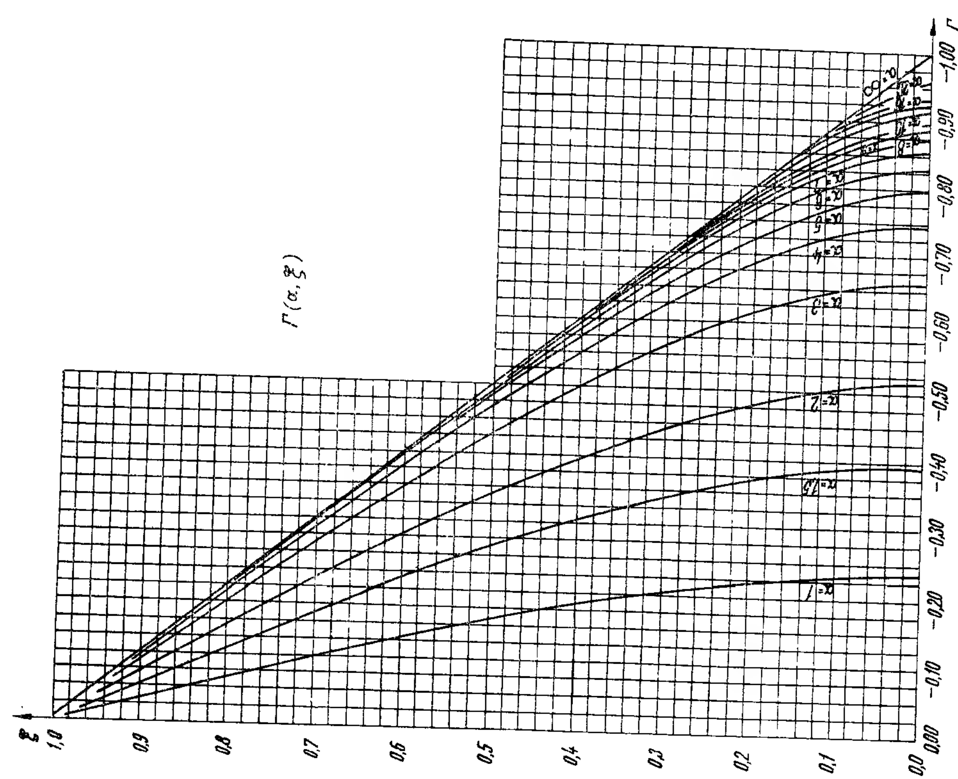


Fig. 16.13. Abacă pentru stabilirea funcției $\Gamma(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillot).

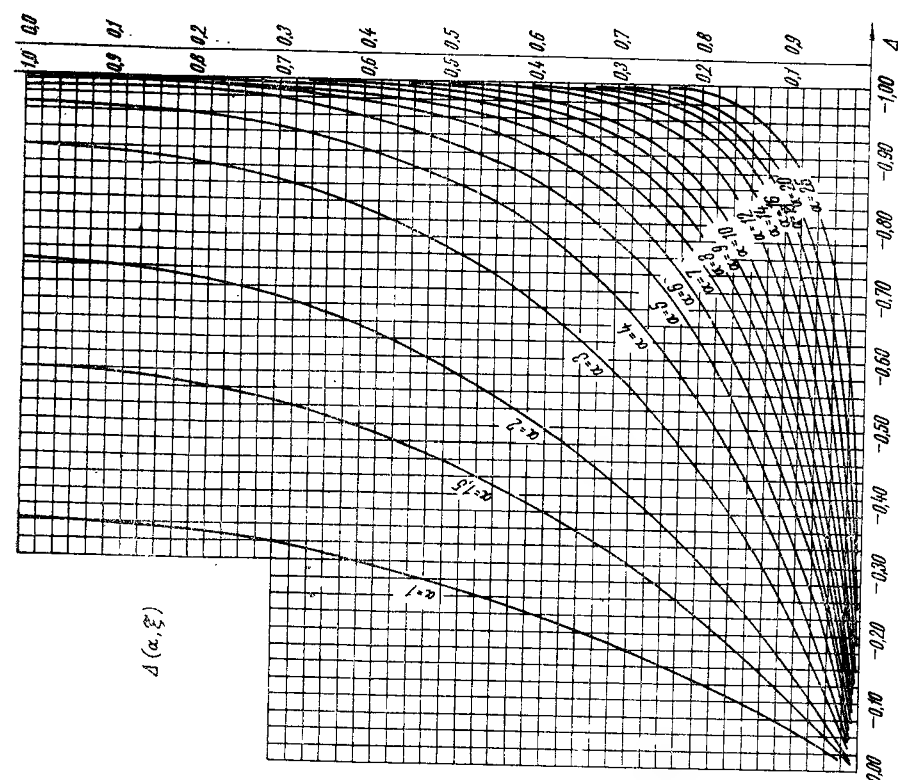


Fig. 16.14. Abacă pentru stabilirea funcției $\Delta(\alpha, \xi)$ la calculul diafragmelor cu goluri (după Despeyroux și Guillot).

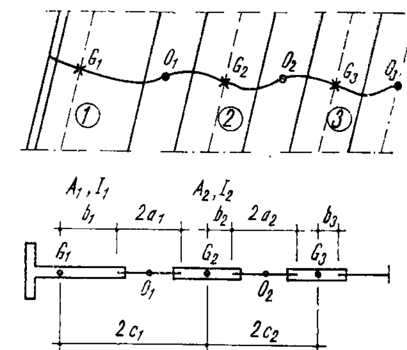


Fig. 16.15. Caracteristicile geometrice ale diafragmelor cu goluri, necesare determinării eforturilor de lunecare în buiandrugi, respectiv a momentului încovoietor și a forței axiale în lamelele diafragmei (după Despeyroux și Guillot).

G_i este poziția centrului de greutate al lamelei i;
G_o — poziția centrului de greutate al întregii diafragme;
I_i — momentul de inerție al lamelei i;
A_i — aria lamelei i;
I_o — suma momentelor de inerție ale tuturor lamelelor egală cu $I_1 + I_2 + \ldots + I_i + \ldots + I_{\nu+1}$;
I — momentul de inerție total al diafragmei în raport cu centrul de greutate al întregii diafragme;
J_i — momentul de inerție al buiandrugului din șirul i;
S_i — momentul static al lamelei i, în raport cu centrul de greutate al întregii diafragme;
n_i — încărcarea verticală dată de un nivel pentru lamela i;
e_i — excentricitatea lui n_i, (pozitivă dacă punctul de acțiune al lui n_i este la dreapta centrului de greutate al lamelei);
E — modulul de elasticitate al elementelor diafragmei (lamelelor);
E' — modulul de elasticitate al buiandrugilor;
$d_i = \sqrt{J_i/ha_i}$;
α_i — factorul de rigiditate egal cu $H\sqrt{\frac{3E'}{2E}\lambda_i} = \omega H$;

$F_i = \frac{n_{i+1}}{A_{i+1}} - \frac{n_i}{A_i}$;

T_o — forța tăietoare la baza diafragmei;

matricea $A = \frac{1}{I_0} d\, c\, [[1] + I_o c^{-1} \theta c^{-1}] cd$. Valorile proprii ale acestei matrice sînt λ_j, cărora le corespund vectorii proprii V_j, ortonormați.

Semnificația termenilor din matricea A este:
c este matricea diagonală a lui c_i;
d — matricea diagonală a lui d_i;

$$\theta = \begin{bmatrix} \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} & -\frac{1}{A_2} & 0 & 0 & . & . & 0 \\ -\frac{1}{A_2} & \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} & -\frac{1}{A_3} & 0 & . & . & 0 \\ 0 & -\frac{1}{A_3} & \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4} & -\frac{1}{A_4} & 0 & . & 0 \\ \vdots & & & & & & \\ 0 & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & -\frac{1}{A_\nu} & \frac{1}{A_\nu} + \frac{1}{A_{\nu+1}} \end{bmatrix}$$

Lunecarea în şirul de buiandrugi i este dată de expresia:

$$L_i = \sum_j A_{ij} \Delta(\alpha_j, \xi) + \sum_j B_{ij}[hT_o \Phi(\alpha_j, \xi), \qquad (16.6)$$

în care:

$$A_{ij} = d_i V_{ij} \left[\frac{\sum_{k=1}^{\nu} V_{kj} d_k F_k}{\lambda_j} - ne \sum_{k=1}^{\nu} \frac{V_{kj}}{d_k} \frac{S_k}{I} \right];$$

$$B_{ij} = d_i V_{ij} \sum_{k=1}^{\nu} \frac{V_{kj}}{d_k} \frac{S_k}{I}.$$

Momentul încovoietor în lamela i a diafragmei este dat de expresia:

$$M_i = \frac{I_i}{I_o} \frac{H}{h} \left\{ hT_o \frac{(1-\xi)^2}{2} + ne(1-\xi) - \left[\sum_j A'_j \Gamma(\alpha_j, \xi) - \sum_j B'_j h T_o \psi(\alpha_j, \xi) \right] \right\}, \qquad (16.7)$$

în care:

$$A'_j = \sum_k c_k A_{kj};$$

$$B'_j = \sum_k c_k B_{kj}.$$

Dacă buiandrugii au un moment de inerţie redus sau sînt articulaţi la extremităţile lor, momentul încovoietor în lamela i a diafragmei este dat de relaţia:

$$M_i = \frac{I_i}{I_o} \frac{H}{h} \left[hT_o \frac{(1-\xi)^2}{2} + ne(1-\xi) \right]. \qquad (16.8)$$

Forţa tăietoare în lamela i a diafragmei este:

$$T_i = \frac{I_i}{I_o} \left(T_o + \frac{ne}{h} \right) - \frac{n_i e_i}{h} + \sum_j t_{ij} \Delta(\alpha_j, \xi) + \sum_j t'_{ij} T_o \Phi(\alpha_j, \xi), \qquad (16.9)$$

în care:

$$t_{ij} = -\frac{I_i}{I_o} \frac{A'_j}{h} + C'_{ij};$$

$$t'_{ij} = -\frac{I_i}{I_o} B'_j + D'_{ij};$$

$$C'_{ij} = \frac{1}{h} [b_i A_{ij} + (c_{i-1} - b_{i-1}) A_{i-1,j}];$$

$$D'_{ij} = b_i B_{ij} + (c_{i-1} - b_{i-1}) B_{i-1,j}.$$

Efortul normal în lamela i a diafragmei este:

$$N_i = \frac{H}{h} \left[n_i(1-\xi) - \sum_{j=1}^{\nu} C_{ij} \Gamma(\alpha_j, \xi) + D_{ij} h T_o \psi(\alpha_j, \xi) \right], \qquad (6.10)$$

în care:

$$C_{ij} = A_{ij} - A_{i-1,j}, \qquad D_{ij} = B_{ij} - B_{i-1,j} \qquad \text{pentru } j = 1,\nu \text{ şi } i = 2,\nu.$$

16.1.2.1.1. *Particularizarea relaţiilor pentru diafragme cu un singur şir de goluri.* La diafragmele cu un singur şir de goluri, relaţiile stabilite la punctul 16.1.2.1. devin:

$$d^2 = \frac{J}{ha^3}; \qquad S = \frac{c}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}};$$

$$F = \frac{n_2 - n_1}{A_2 - A_1}; \qquad I_o = I_1 + I_2;$$

$$ne = n_1 e_1 + n_2 e_2; \qquad I = I_o + 2cS;$$

$$\lambda = \frac{Jc^2}{ha^3 I_o} \frac{I}{Sc};$$

$$\omega^2 = \frac{3E'JcI}{2EI_o ha^3 S}; \qquad \alpha = \omega H.$$

Lunecarea în buiandrugi se stabileşte cu relaţia:

$$L = \frac{S}{I} \left\{ hT_o \Phi(\alpha, \xi) + \left[\frac{I_o}{c} \left(\frac{n_2}{A_2} - \frac{n_1}{A_1} \right) - n_1 e_1 - n_2 e_2 \right] \Delta(\alpha, \xi) \right\}. \qquad (16.11)$$

Dacă se neglijează influenţa forţei axiale în relaţia (16.11) rezultă:

$$L = hT_o \frac{S}{I} \Phi(\alpha, \xi). \qquad (16.12)$$

Relaţia (16.12) este similară cu cea dată de Albigés şi Goulet pentru stabilirea valorii eforturilor de lunecare din buiandrugi.

$$\text{Notînd: } A' = cA = \frac{cS}{I} \left(I_o \frac{F}{c} - ne \right);$$

$$B' = cB = \frac{cS}{I},$$

se obțin valorile momentelor în cele două lamele ale diafragmei:

$$M_i = \frac{I_i}{I_o}\frac{H}{h}\left[hT_o\frac{(1-\xi)^2}{2} + ne(1-\xi) - A'\Gamma(\alpha,\xi) - hT_oB'\psi(\alpha,\xi)\right] \tag{16.13}$$

pentru $i = 1, 2$.

În același mod se procedează și pentru determinarea forțelor tăietoare și axiale.

16.1.2.1.2. *Particularizarea relațiilor pentru diafragme cu două șiruri de goluri.* La diafragmele cu două șiruri de goluri parametrii geometrici sînt:

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3;$$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3.$$

Distanța de la G_0 la G_1 este dată de relația:

$$D = [c_1A_2 + (c_1 + c_2)A_3]/A_o.$$

Componentele vectorului moment static S sînt:

$$S_1 = DA_1;$$

$$S_2 = S_1 + (D - c_1)A_2,$$

iar momentul de inerție are valoarea:

$$I = I_o + c_1S_1 + c_2S_2.$$

Alți parametri utilizați sînt:

$$d_1^2 = \frac{J_1}{ha_1^3};\ d_2^2 = \frac{J_2}{ha_2^3};\ F_1 = \frac{n_2}{A_2} - \frac{n_1}{A_1};\ F_2 = \frac{n_3}{A_3} - \frac{n_2}{A_2};$$

$$ne = n_1e_1 + n_2e_2 + n_3e_3.$$

Matricea A este:

$$A = \begin{bmatrix} d_1^2\left(\frac{c_1^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}\right) & d_1d_2\left(\frac{c_1\cdot c_2}{I_o} - \frac{1}{A_2}\right) \\ d_1d_2\left(\frac{c_1\cdot c_2}{I_o} - \frac{1}{A_2}\right) & d_2^2\left(\frac{c_2^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}\right) \end{bmatrix}$$

Ecuația valorilor proprii este:

$$\Phi(\lambda) = \lambda^2 - \lambda\left[d_1^2\left(\frac{c_1^2}{I_o} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}\right) + d_2^2\left(\frac{c_2^2}{I_o} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3}\right) + \right.$$

$$\left. + d_1^2d_2^2\left(\frac{c_1^2}{I_oA_3} + \frac{(c_1+c_2)^2}{I_oA_2} + \frac{c_2^2}{I_oA_1} + \frac{1}{A_1A_2} + \frac{1}{A_2A_3} + \frac{1}{A_3A_1}\right)\right].$$

Factorii de rigiditate α_1 și α_2 sînt dați de expresiile:

$$\alpha_1^2 = \frac{3E'}{2E}H^2\lambda_1;$$

$$\alpha_2^2 = \frac{3E'}{2E}H^2\lambda_2.$$

Vectorii proprii sînt:

$$V_{1,1} = \frac{X_1}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}};\ V_{1,2} = \frac{X_2}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}};$$

$$V_{2,1} = \frac{Y_1}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}};\ V_{2,2} = \frac{Y_2}{\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}},$$

în care:

$$X_1 = d_2\left[\frac{1}{A_2} - \frac{c_1c_2}{I_o}\right];$$

$$Y_1 = d_1\left[\frac{c_1^2}{I_o}\left(1 - \frac{\lambda_1I_o}{d_1^2c_1^2}\right) + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}\right];$$

$$X_2 = d_2\left[\frac{c_2^2}{I_o}\left(1 - \frac{\lambda_2I_o}{d_2^2c_2^2}\right) + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3}\right];$$

$$Y_2 = d_1\left[\frac{1}{A_2} - \frac{c_1c_2}{I_o}\right].$$

Cu aceste precizări, eforturile de lunecare în cele două șiruri de buiandrugi sînt date de relația:

$$L_i = d_iV_{i,1}\frac{\Delta(\alpha_1,\xi)}{\lambda_1}[V_{1,1}d_1F_1 + V_{2,1}d_2F_2] + d_iV_{i,2}\frac{\Delta(\alpha_2,\xi)}{\lambda_2}[V_{1,2}d_1F_1 + V_{2,2}d_2F_2] +$$

$$+ d_iV_{i,1}[hT_o\Phi(\alpha_1,\xi) - ne\Delta(\alpha_1,\xi)]\left[\frac{V_{1,1}}{d_1}\frac{S_1}{I} + \frac{V_{2,1}}{d_2}\frac{S_2}{I}\right] +$$

$$+ d_iV_{i,2}[hT_o\Phi(\alpha_2,\xi) - ne\Delta(\alpha_2,\xi)]\left[\frac{V_{1,2}}{d_1}\frac{S_1}{I} + \frac{V_{2,2}}{d_2}\frac{S_2}{I}\right] \tag{16.14}$$

pentru $i = 1, 2$.

Notînd:

$$A_1' = c_1A_{1,1} + c_2A_{2,1} = [c_1d_1V_{1,1} + c_2d_2V_{2,1}]\cdot$$

$$\cdot\left[\frac{V_{1,1}d_1F_1 + V_{2,1}d_2F_2 + V_{3,1}d_3F_3}{\lambda_1} - ne\left(V_{1,1}\frac{S_1}{d_1I} + V_{2,1}\frac{S_2}{d_2I} + V_{3,1}\frac{S_3}{d_3I}\right)\right];$$

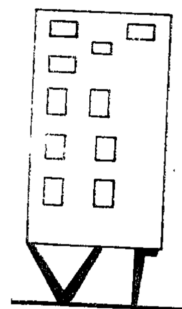


Fig. 16.16. Clădire cu parter flexibil.

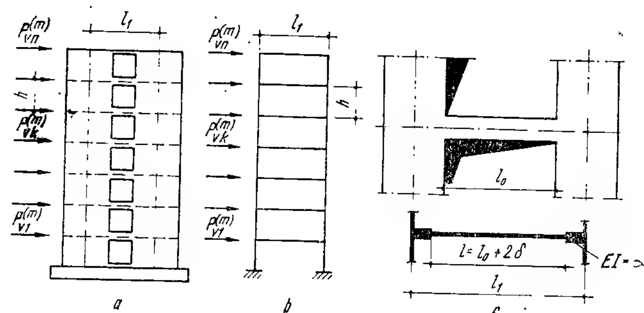


Fig. 16.17. Schematizarea diafragmelor cu șiruri suprapuse de goluri în metoda cadrelor etajate :

a — diafragmă cu goluri, încărcată de forțe orizontale în dreptul planșeelor; *b* — cadrul etajat echivalent; *c* — variația rigidității riglelor cadrului echivalent.

$$A_2' = c_1 A_{1,2} + c_2 A_{2,2} = [c_1 d_1 V_{1,2} + c_2 d_2 V_{2,2}] \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{V_{1,2} d_1 F_1 + V_{2,2} d_2 F_2 - V_{3,2} d_3 F_3}{\lambda_2} - n\,e \left(V_{1,2} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,2} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,2} \frac{S_3}{d_3 I} \right) \right];$$

$$B_1' = c_1 B_{1,1} + c_2 \cdot B_{2,1} = (c_1 d_1 V_{1,1} + c_2 d_2 V_{2,1}) \left(V_{1,1} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,1} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,1} \frac{S_3}{d_3 I} \right);$$

$$B_2' = c_1 B_{1,2} + c_2 B_{2,2} = (c_1 d_1 V_{1,2} + c_2 d_2 V_{2,2}) \left(V_{1,2} \frac{S_1}{d_1 I} + V_{2,2} \frac{S_2}{d_2 I} + V_{3,2} \frac{S_3}{d_3 I} \right),$$

expresia momentelor în lamelele diafragmelor este :

$$M_i = \frac{I_i H}{I_0 h} \left[h\,T_0 \frac{(1-\xi)^2}{2} + ne\,(1-\xi) + \sum_{j=1}^{3} A_j' \Gamma(\alpha_j, \xi) + h T_0 \sum_{j=1}^{3} B_j' \psi(\alpha_j, \xi) \right]. \tag{16.15}$$

Abacele pentru funcțiile $\Phi(\alpha, \xi)$, $\psi(\alpha, \xi)$, $\Gamma(\alpha, \xi)$ și $\Delta(\alpha, \xi)$ sînt prezentate în figurile 16.11, 16.12, 16.13 și 16.14.

Metoda structurii continue echivalente a fost extinsă și asupra diafragmelor clădirilor cu parter flexibil (fig. 16.16); relațiile de calcul sînt date de aceiași autori, J. Despeyroux și V. Guillot.

16.1.2.2. **Metoda cadrelor.** În această metodă, diafragmele cu șiruri suprapuse de goluri se consideră în calcul ca niște cadre etajate (fig. 16.17). Această metodă aproximativă de calcul nu se aplică clădirilor cu mai mult de 11 niveluri, construcțiilor cu disimetrii pronunțate, clădirilor cu fluctuații importante în distribuția rigidităților de la un nivel la altul și clădirilor cu parter flexibil.

Pentru diafragmele monotone cu un șir de goluri așezate în axa de simetrie, calculul se face ca pentru un cadru etajat, simetric (v. fig. 16.17).

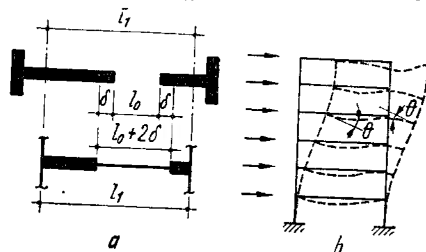


Fig. 16.18. Metoda cadrului înlocuitor pentru diafragme nesimetrice cu un șir de goluri :

a — secțiunea și schema mecanică a diafragmei; *b* — ipoteza egalității rotirilor nodurilor la nivelul fiecărei rigle.

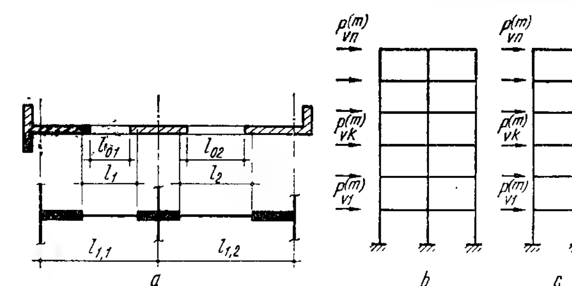


Fig. 16.19. Metoda cadrului înlocuitor pentru diafragme cu mai multe șiruri de goluri :

a — secțiunea și schema mecanică a diafragmei; *b* — cadrul echivalent; *c* — cadrul înlocuitor.

Pentru diafragmele nesimetrice cu un șir de goluri (fig. 16.18, *a*) se folosește metoda *cadrului înlocuitor*, în care se consideră că la nivelul fiecărei rigle, rotirile θ ale nodurilor sînt egale (fig. 16.18, *b*). Avînd la bază această aproximație care nu se îndepărtează prea mult de realitate, cadrul real se poate înlocui cu un cadru simetric echivalent.

Pentru diafragmele cu mai multe șiruri de goluri (fig. 16.19, *a*), se utilizează pentru calcul tot metoda cadrului înlocuitor, în care cadrul real cu mai multe deschideri se înlocuiește printr-un cadru simetric cu o singură deschidere, în care rigiditatea riglei se consideră suma rigidităților tuturor buiandrugilor, iar rigiditatea stîlpilor, semisuma rigidităților tuturor lamelelor (fig. 16.19, *b*).

Fiind deja precizată schema de calcul, problema se transformă într-o problemă de statica sistemelor în bare nedeterminate. Rezolvarea se poate face prin metodele generale ale staticii construcțiilor sau printr-un procedeu iterativ. Cel mai eficient pentru rezolvare este procedeul distorsiunilor, care asigură cea mai rapidă convergență.

16.2. CALCULUL DIAFRAGMELOR DIN BETON ARMAT MONOLIT

După cum s-a arătat, clădirile cu structura în diafragme prezintă o conlucrare spațială la acțiunea forțelor orizontale. Întrucît calculul exact al unei asemenea structuri este extrem de complicat, aceasta se descompune în elemente separate, după fiecare direcție, care conlucrează cu elementele de pe cealaltă direcție (fig. 16.20).

Conlucrarea tălpilor cu inima este o problemă care nu și-a găsit o rezolvare corespunzătoare. În această problemă, dealtfel și datele din literatura străină de specialitate sînt fie incomplete, fie foarte diferite, lipsind o fundamentare concludentă teoretică și în special, experimentală. Se recomandă de exemplu ca lățimea tălpii să se ia egală cu lățimea reală dintre goluri, dar nu mai mult decît 3*b* de fiecare parte a inimii (v. fig. 16.20, *a*).

Odată determinate eforturile secționale M, N, T se trece la calculul tensiunilor care se face în ipoteza unui material omogen și elastic.

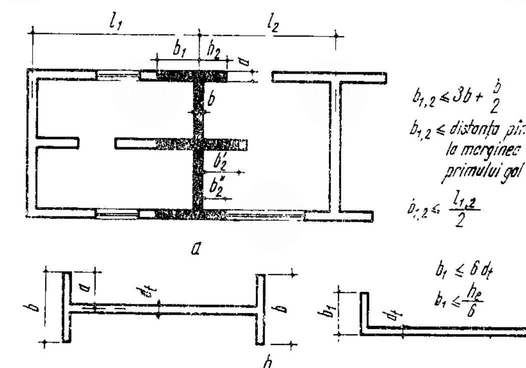


Fig. 16.20. Indicații pentru stabilirea secțiunii active a diafragmelor la acțiunea forțelor orizontale :

a — pentru diafragme de beton armat; *b* — pentru diafragme de zidărie.

Dimensionarea sau verificarea lamelelor verticale se face ca pentru un element solicitat la compresiune excentrică, tensiunile normale σ determinîndu-se cu relaţia:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}. \tag{16.16}$$

Este necesar a se lua în considerare toate situaţiile care pot interveni, pentru ca dimensionarea sau verificarea să se facă în situaţia cea mai defavorabilă (fig. 16.21).

Verificarea la compresiune se face luînd o fişie de lungime egală cu un metru, din zona cea mai comprimată a secţiunii, considerînd-o solicitată la compresiune centrică de o forţă egală cu rezultanta tensiunilor unitare de pe fişia considerată. În acest caz, efortul axial pentru care se face verificarea este dat de relaţia (v. fig. 16.21, c):

$$N_c = \frac{\sigma_1 + \sigma_1'}{2}\, b\, d' + \frac{\sigma_1' + \sigma_1''}{2}\, d\,(100 - d'). \tag{16.17}$$

Calculul la compresiune centrică se face conform STAS 10 102—75, cu luarea în considerare a flexibilităţii inimii prin coeficientul de flambaj. Referitor la valoarea lungimii de flambaj, încă nu există o unitate de vederi, literatura de specialitate prezentînd valori foarte diferite. În DIN 1045 sînt prescrise valorile date în figura 16.22.

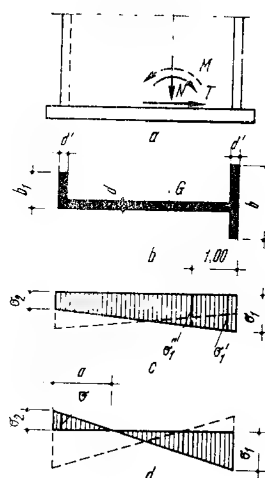


Fig. 16.21. Starea de tensiuni normale la baza diafragmei sub acţiunea eforturilor M, T şi N (momentul M poate acţiona într-un sens sau în altul):

a – elevaţia diafragmei solicitată la bază de eforturile N, M şi T; b – secţiune prin diafragmă; c – diagrama de eforturi unitare cînd apar numai tensiuni de compresiune; d – diagrama de eforturi unitare cînd apar şi tensiuni de întindere.

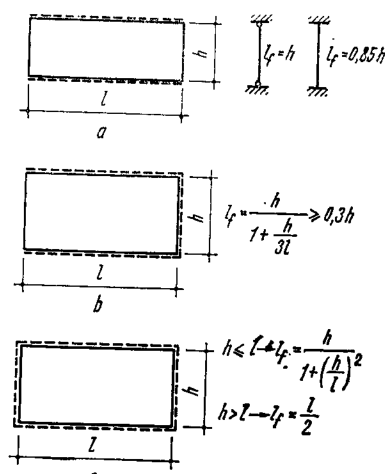


Fig. 16.22. Considerarea lungimii de flambaj pentru diafragme cu marginile verticale:

– libere; b – o margine fixată; c – ambele margini fixate.

Dimensionarea armăturilor întinse, în lipsa unor date experimentale care să justifice calculul diafragmelor ca secţiuni de beton solicitate de compresiune excentrică, se face printr-un calcul simplificat în care se prevede ca întregul volum al tensiunilor de întindere să fie preluat de armătură (v. fig. 16.21, d):

$$N_t = b_1\, d'\, \frac{\sigma_2 + \sigma_2'}{2}\,(a - d')\, \frac{\sigma_2'}{2}. \tag{16.18}$$

Calculul tensiunilor tangenţiale se face cu formula lui J u r a w s k y:

$$\tau = \frac{TS}{bI}. \tag{16.19}$$

În cazul secţiunilor compuse este necesară şi o verificare la tensiuni principale:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}. \tag{16.20}$$

16.2.2. DIMENSIONAREA BUIANDRUGILOR

Eforturile de lunecare în buiandrugi fiind determinate, se determină eforturile secţionale cu relaţiile:

$$T_b = L_b; \tag{16.21}$$

$$M_b = L_b\, a, \tag{16.22}$$

în care a este semideschiderea de calcul a buiandrugului:

$$a = \frac{l_0}{2} + \delta. \tag{16.23}$$

Referitor la valoarea δ încă nu există o unitate de vederi, literatura de specialitate prezentînd valori foarte diferite.

În calcule se ţine seama de reducerea de rigiditate a buiandrugilor, datorită fisurării betonului din zona întinsă prin micşorarea modulului de elasticitate la valoarea 0,15 E.

Dimensionarea efectivă a buiandrugilor, o dată cunoscute valorile eforturilor secţionale, se face ca pentru o grindă din beton armat.

Întrucît nu toate fenomenele care apar pot fi prinse în relaţii de calcul şi luate în considerare la alcătuirea şi armarea diafragmelor, pe baza observaţiilor asupra modului de lucru al diafragmelor executate, a încercărilor experimentale şi a experienţei de proiectare şi execuţie, se prevăd anumite măsuri constructive atît în ceea ce priveşte alcătuirea cît şi armarea diafragmelor. În ţara noastră, aceste măsuri sînt cuprinse în instrucţiunile tehnice elaborate în acest sens.

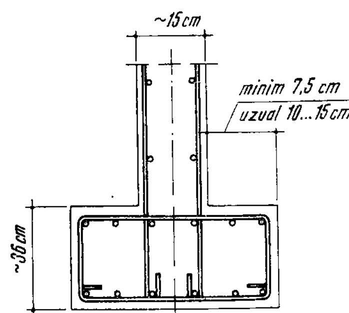


Fig. 16.23. Detaliu de bulb.

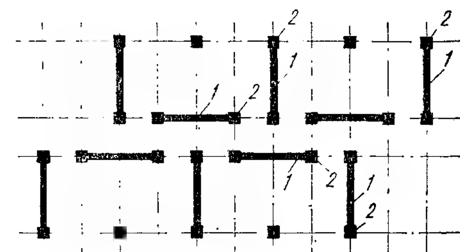


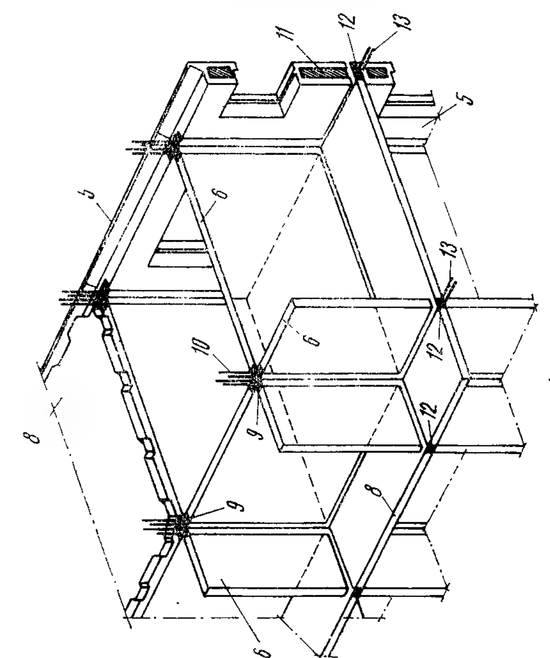
Fig. 16.24. Schema unei clădiri cu structura de rezistență din diafragme rigidizate la capete cu bulbi :
1 — diafragmă ; *2* — bulb.

Preluarea eforturilor axiale concentrate (de întindere și compresiune) la capetele secțiunii diafragmelor sub acțiunea forțelor orizontale, ca și înlăturarea flambajului lateral sau a voalării în planul diafragmelor, necesită îngroșarea zonelor de capăt sub formă de bulbi care măresc în mod obișnuit momentul de inerție în această zonă. În acest scop, bulbii se fretează cu etrieri deși, iar armătura din peretele-diafragmă se continuă în bulbi constituind o fretare suplimentară, ceea ce îmbunătățește ductilitatea diafragmei și comportarea sa în domeniul inelastic (fig. 16.23). În cazul structurilor cu diafragme, sporirea rigidității și stabilității la forțe orizontale trebuie analizată atent pentru clădirile înalte, ținînd seama de direcțiile de acțiune a forțelor orizontale. În figura 16.24 se prezintă schița unei structuri cu diafragme rigidizate cu bulbi la capete, dispuse după cele două direcții ortogonale ale structurii.

16.3. CALCULUL DIAFRAMELOR DIN ELEMENTE PREFABRICATE DE BETON ARMAT—PANOURI MARI

Clădirile din panouri mari sînt alcătuite din diafragme verticale (transversale și longitudinale) și orizontale, care se intersectează, de obicei, ortogonal, îmbinate între ele în așa fel încît să formeze un sistem spațial rigid (fig. 16.25). A considera în calcule clădirea ca un sistem spațial rigid nu este justificat în practica curentă de proiectare, întrucît aceasta conduce la calcule extrem de complicate. De aceea, în calculele curente din proiectare se introduce ipoteza simplificatoare de calcul, conform căreia clădirea se descompune într-o serie de diafragme independente, care conlucrează între ele, conducînd la secțiuni de formă compusă (*I*, *E*, *F* etc.). Deci, structura din panouri se consideră ca o structură în diafragme din beton armat monolit, în care diafragmele verticale sînt asimilate cu grinzi-consolă încastrate la nivelul fundației sau a planșeului peste subsol (cînd subsolul este suficient de rigid), iar diafragmele orizontale (planșeele) sînt asimilate ca șaibe perfect rigide solicitate la încovoiere în planul lor avînd ca reazeme grinzile consolă (reazeme elastice).

Avînd în vedere faptul că panourile mari, îmbinate între ele, formează diafragmele verticale și orizontale, este necesar a face cîteva considerente privind îmbinările panourilor mari și influența acestora asupra comportării construcției.



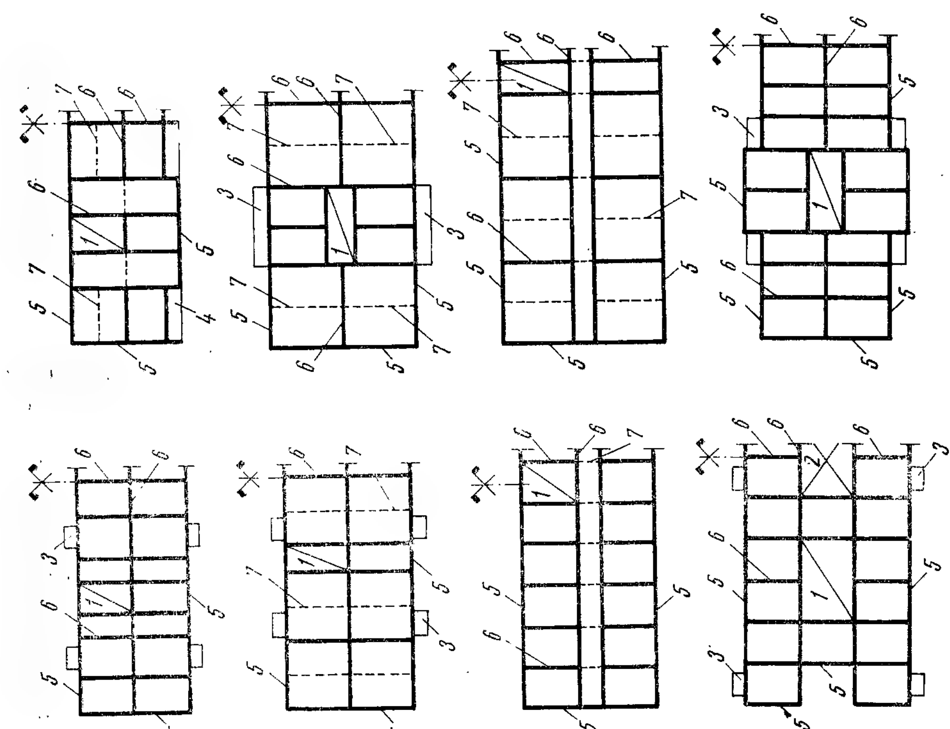


Fig. 16.25. Clădiri cu structuri de rezistență din panouri mari de beton armat :

a — scheme de principiu pentru partiuri de arhitectură ; *b* — alcătuirea unei structuri din panouri mari ; *1* — casa scării ; *2* — curte interioară ; *3* — balcon ; *4* — logie ; *5* — panou de perete portant exterior ; *6* — panou de perete portant interior ; *7* — îmbinare între panourile de planșeu ; *8* — panou de planșeu ; *9* — îmbinări verticale din beton armat turnat în stîlpișori ; *10* — armături verticale în stîlpișori ; *11* — izolație termică ; *12* — îmbinări orizontale din beton armat turnat în centuri ; *13* — armături orizontale în centuri.

16.3.1. ÎMBINĂRI LA CONSTRUCŢIILE DIN PANOURI MARI

Îmbinările verticale se realizează între consolele verticale alăturate, putînd apărea, în general, două cazuri diferite în comportarea lor la acţiunea încărcărilor orizontale :

— cînd nu se poate conta pe rezistenţa mecanică a îmbinării, consolele se consideră că lucrează independent (fig. 16.26,*a*) ;

— cînd îmbinările au o rezistenţă suficient de mare, susceptibilă de a fi luată în considerare la calcule.

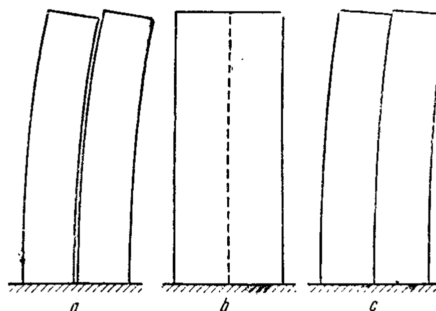


Fig. 16.26. Modul de lucru al îmbinărilor verticale :
a — fără rezistenţă mecanică, consolele lucrînd independent ; *b* — îmbinare rigidă ; *c* — îmbinare cu curgere plastică.

În cel de-al doilea caz, în funcţie de deformaţiile îmbinării, sub acţiunea eforturilor de lunecare şi de caracterul ruperii, pot să apară două cazuri distincte în modul de lucru al îmbinării :

— ruperea îmbinării are un caracter fragil, îmbinarea avînd deformaţii mici se comportă aproape elastic pînă la rupere ; creşterea deformaţiilor la rupere se produce odată cu scăderea efortului tangenţial din îmbinare (fig. 16.27, *b* şi 16.28, *a*). În acest caz, îmbinarea poartă denumirea de *îmbinare rigidă*, iar calculul diafragmei din panouri mari se face în ipotezele teoriei elasticităţii ;

— ruperea îmbinării se produce printr-o curgere lentă, deformaţiile îmbinării cresc la valori sensibile cînd este atins efortul tangenţial final (fig. 16.27, *c* şi 16.28, *b*, *c*), îmbinarea purtînd denumirea de *îmbinare cu curgere plastică*. Din figura 16.27 se observă că în acest caz comportarea îmbinării poate fi diferită, adică cu deformaţii mari la eforturi neesenţiale (fig. 16.28, *b*) sau cu deformaţii în domeniul elastic pînă la atingerea efortului tangenţial de rupere, după care deformaţiile cresc substanţial fără ca efortul tangenţial să scadă sensibil (fig. 16.28, *c*). Acest ultim caz, cu îmbinare elasto-plastică, se poate aprecia că este îmbinarea care dă garanţia unei comportări bune în domeniul elastic, cu rezerve mari de absorbţie a energiei în domeniul plastic. Calculul unei astfel de îmbinări se face ca pentru un sistem elasto-plastic în sensul teoriei plasticităţii.

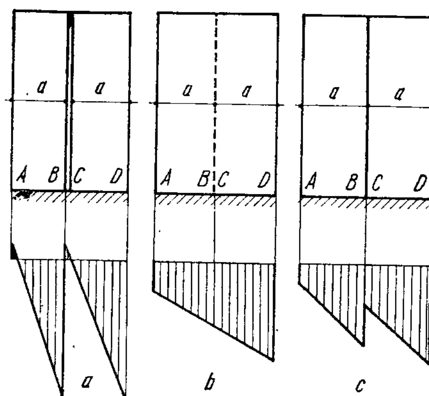


Fig. 16.27. Distribuţia presiunilor în încastrare, pentru :
a — console independente ; *b* — diafragmă solidarizată cu îmbinări verticale rigide ; *c* — diafragmă solidarizată cu îmbinări verticale cu curgere plastică.

Se poate spune, în concluzie, că îmbinările verticale dintre panourile care alcătuiesc diafragmele verticale, privite din punctul de vedere al comportării lor mecanice conduc la două metode de calcul diferite, dintre care prima, în ipotezele teoriei elasticităţii are o extindere mai mare, utilizîndu-se de fapt şi în cazul diafragmelor monolite din beton armat. Ca urmare, în acest caz, calculul diafragmelor alcătuite din panouri mari prefabricate se face identic cu al diafragmelor din beton armat monolit. Este necesar în plus să se verifice îmbinările pentru a fi capabile să preia eforturile de lunecare care apar. Pentru realizarea

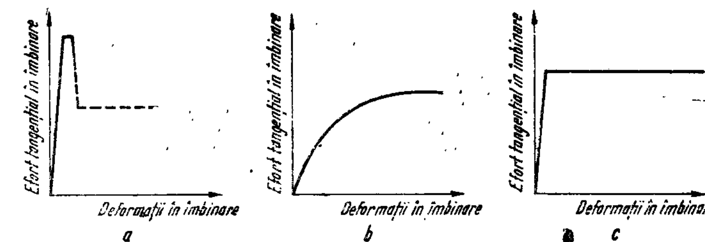


Fig. 16.28. Modul de deformaţie şi rupere a îmbinărilor verticale :
a — îmbinare rigidă cu deformaţii aproape elastice pînă la ruperea cu caracter fragil ; *b* ; *c* — îmbinări cu curgere plastică.

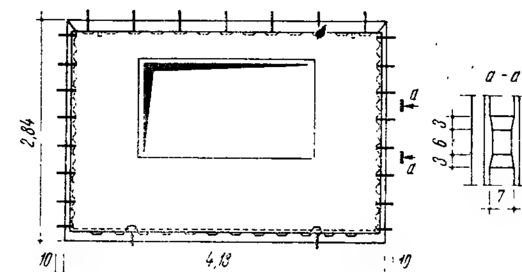


Fig. 16.29. Panou de perete exterior cu feţe laterale profilate (alveole, praguri).

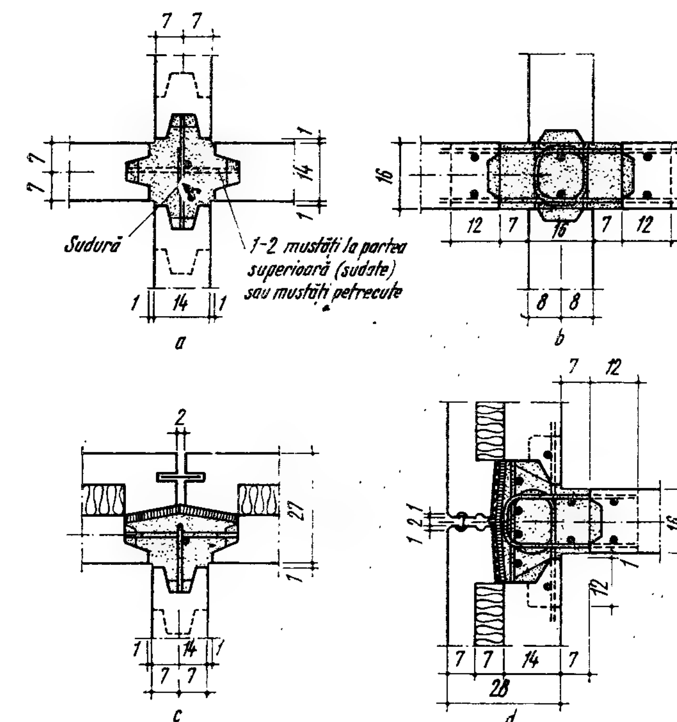


Fig. 16.30. Îmbinări verticale între panourile mari de pereţi :
a ; *b* — la intersecţia panourilor interioare, legătura realizîndu-se cu mustăţi sudate, respectiv cu bucle ; *c* ; *d* — la intersecţia panourilor exterioare, legătura realizîndu-se cu mustăţi sudate, respectiv cu bucle.

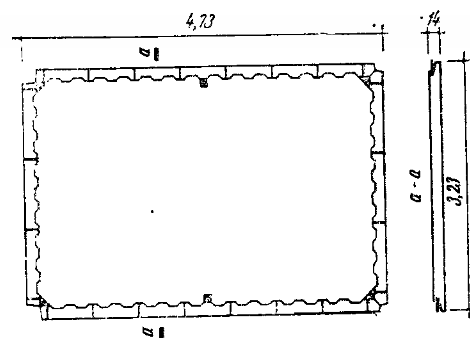


Fig. 16.31. Panou de planşeu cu feţele laterale profilate cu alveole şi praguri.

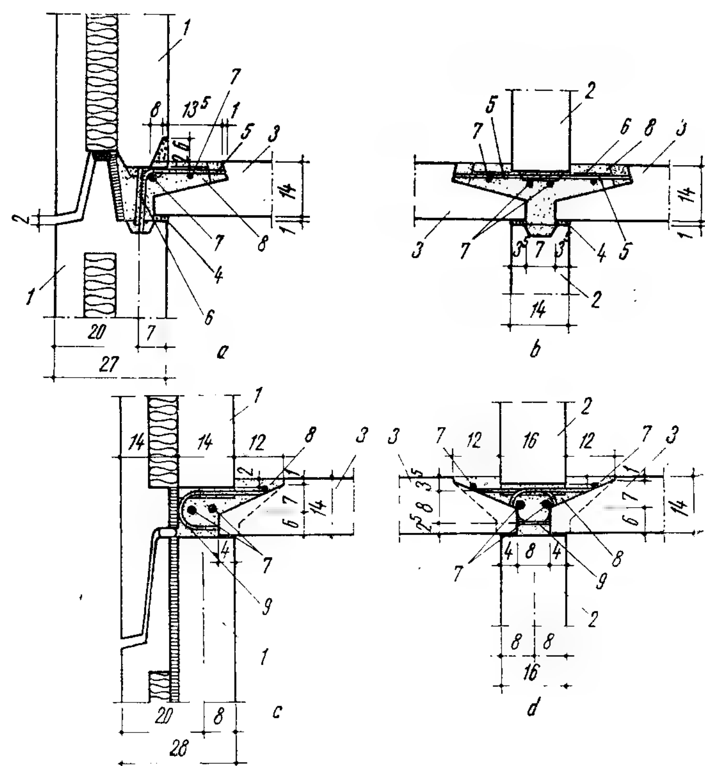


Fig. 16.32. Îmbinări orizontale între panourile de planşee şi de pereţi :

a ; *b* — cu mustăţi sudate, la pereţii exteriori, respectiv la cei interiori ; *c* ; *d* — cu bucle de armătură, la pereţii exteriori, respectiv la cei interiori ; *1* — panou prefabricat în trei straturi pentru peretele exterior ; *2* — panou prefabricat pentru peretele interior ; *3* — panou prefabricat pentru planşeu ; *4* — mortar de poză, M 100 ; *5* — mustăţi de legătură ; *6* — sudură ; *7* — armături orizontale în monolitizare ; *8* — beton B 300 în monolitizare ; *9* — bucle de armătură.

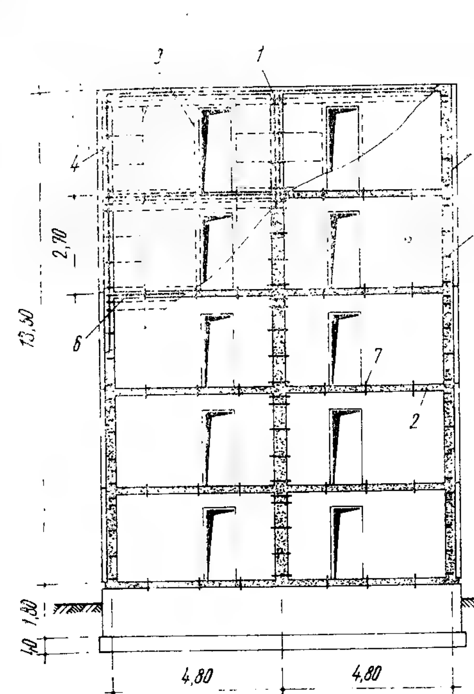


Fig. 16.33. Elevaţia unei diafragme verticale :

1 — îmbinări verticale ; *2* — îmbinări orizontale ; *3* — armături în panouri ; *4* — armături longitudinale în stîlpişori ; *5* — armături transversale în stîlpişori ; *6* — armături longitudinale în centuri ; *7* — armături transversale în centuri.

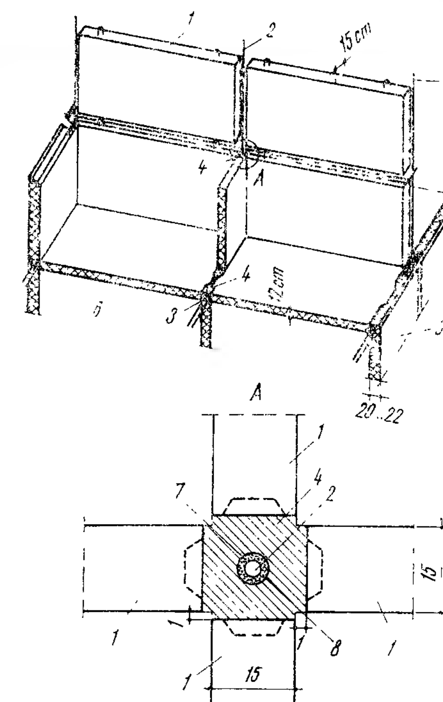


Fig. 16.34. Îmbinări verticale între panouri mari de pereţi realizate cu cabluri postîntinse :

1 — panou de rezistenţă interior ; *2* — cabluri sau bare precomprimate ; *3* — armătură montată pe şantier ; *4* — beton turnat monolit ; *5* — panou exterior ; *6* — panou de planşeu ; *7* — mortar de ciment injectat ; *8* — teacă din PVC.

unor astfel de îmbinări, capabile să preia eforturile normale şi de lunecare este necesar ca feţele laterale ale tuturor panourilor de pereţi şi planşee să fie profilate cu alveole (fig. 16.29) şi prevăzute cu mustăţi în aşa fel încît să se asigure continuitatea, tinzîndu-se spre monolitism. Transmiterea eforturilor de compresiune în îmbinări se face prin beton, a celor de întindere prin armături înnădite cu sudură, petrecere sau bucle, iar a celor tangenţiale, prin alveole şi praguri ; în mod obişnuit îmbinările verticale se realizează prin turnarea între panourile de pereţi a unor stîlpişori din beton armat monolit (fig. 16.30).

Pentru a asigura comportarea planşeului ca diafragmă orizontală rigidă în planul lui, este necesar ca şi pe conturul panourilor de planşeu să fie prevăzute praguri şi mustăţi (fig. 16.31), iar între panouri să se realizeze îmbinări orizontale prin monolitizare cu beton armat (fig. 16.32).

În figura 16.33 se prezintă elevaţia unei diafragme verticale cu îmbinările necesare pentru realizarea monolitismului, iar în figura 16.34, schema asamblării prin precomprimare a unei structuri din panouri mari.

16.3.2. VERIFICAREA PANOURILOR LA COMPRESIUNE CU FLAMBAJ

Pentru verificarea panourilor la compresiune cu flambaj se ţine seama şi de elementele de calcul ale pereţilor portanţi expuse în capitolul 11, punctul 6.

Determinarea eforturilor în diafragme se face ca pentru un element solicitat la compresiune excentrică, tensiunile normale determinîndu-se cu relaţia:

$$\sigma_{1;2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}. \tag{16.24}$$

Verificarea zonei comprimate pentru o fîşie unitară, la compresiune cu flambaj se face cu relaţia (16.17), ţinînd seama de curgerea lentă şi de raportul dintre încărcările de lungă durată şi cele totale care sînt luate în considerare la stabilirea coeficientului de flambaj. Lungimea de flambaj se determină în funcţie de modul de rezemare al panourilor cu relaţia:

$$l_f = \rho h_{et}, \tag{16.25}$$

în care ρ este un coeficient a cărui valoare se dă în graficul din figura 11.51, iar h_{et} — înălţimea nivelului.

Coeficientul de flambaj φ se determină în funcţie de coeficientul de subţirime redus $\bar{\lambda}$ (fig. 16.35) care se stabileşte cu relaţia:

$$\bar{\lambda} = \frac{l_f}{b\sqrt{\alpha}}; \tag{16.26}$$

în care $b(h)$ este grosimea stratului de rezistenţă al panoului, iar α — parametrul definit de relaţia:

$$\alpha = \frac{E_b}{R_{c;m}(1 + \beta\xi)}; \tag{16.27}$$

unde:

β este coeficientul care ţine seama de curgerea lentă a betonului, avînd valoarea 1,2 pentru betoane confecţionate cu agregate obişnuite;

E_b este modulul de elasticitate al betonului;

ξ — raportul dintre încărcările de lungă durată şi cele totale;

$R_{c;m}$ — rezistenţa medie a betonului la compresiune, determinată pe cilindri, $R_{c;m} = 0,8\ R_c$;

R_c — marca betonului;

e_0 — excentricitatea de aplicare a forţelor.

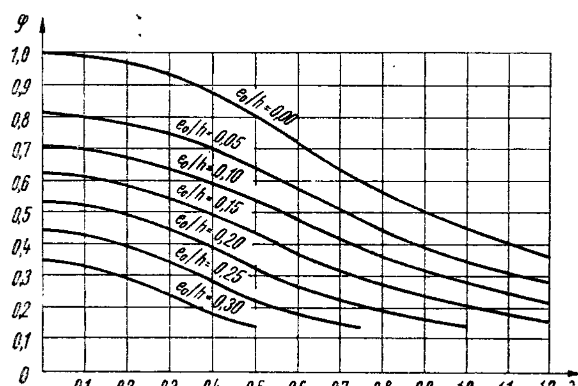


Fig. 16.35. Abacă pentru determinarea coeficientului de flambaj, în funcţie de coeficientul de subţirime şi de raportul dintre excentricitate şi grosimea panoului.

În figura 16.36 sînt prezentate schemele de calcul ale diafragmelor de perete exterior, de perete interior şi de planşeu.

16.3.3. VERIFICAREA INTEGRITĂŢII PANOULUI

Ca şi în cazul diafragmelor din beton armat sau din zidărie, este necesară verificarea diafragmelor din panouri mari la eforturi principale de întindere (multiplicate cu coeficientul de comportare), cu ajutorul relaţiei:

$$\sigma_1 \leqslant R_t, \tag{16.28}$$

atît în zona comprimată unde:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}}{2}, \tag{16.29}$$

cît şi în zona întinsă, în care se consideră:

$$\sigma = 0 \quad \text{şi deci:} \quad \sigma_1 = \tau. \tag{16.30}$$

Cînd condiţia 16.28 nu este îndeplinită, se armează panoul cu plase de armătură, care trebuie să preia întregul efort principal de întindere.

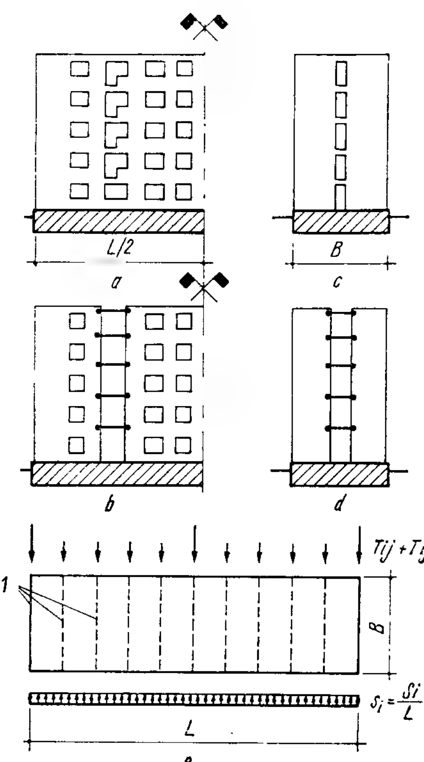


Fig. 16.36. Scheme de calcul pentru diafragmele de pereţi şi planşee:

a — perete exterior, alcătuirea reală; *b* — perete exterior, schemă de calcul; *c* — perete interior, alcătuire reală; *d* — perete interior, schemă de calcul cu buiandrugi ieşiţi din lucru; *e* — schema de calcul a diafragmei orizontale de planşeu acţionată de încărcări seismice; *1* — diafragme verticale; s_i — încărcare seismică uniform repartizată la nivelul *i*; T'_{ij} — forţa tăietoare în diafragma *j*, la nivelul *i*, rezultată din calculul seismic în ipoteza de translaţie; T_{ij} — forţa tăietoare în diafragma *j*, la nivelul *i*, rezultată din calculul de torsiune.

16.3.4. VERIFICAREA ÎMBINĂRILOR VERTICALE

Îmbinările verticale trebuie să reziste la efortul de lunecare provenit din forţa tăietoare, dezvoltată sub acţiunea forţelor orizontale. Verificarea îmbinărilor verticale, indicate în figura 11.7, se face în ipoteza apariţiei unor *biele de compresiune* în betonul de monolitizare (v. fig. 11.8 şi 16.37), capacitatea de rezistenţă la lunecare a îmbinării fiind egală cu suma capacităţii de rezistenţă a bielelor, a betonului din centură şi a armăturii orizontale pe înălţimea unui etaj şi este dată de relaţia:

$$L_e \leqslant \frac{R_{pr}\, a\, \varepsilon\, h}{2} + 0{,}6 R_t A' + R_{at} A_a \text{ [kN]}, \tag{16.31}$$

în care: $L_e = \tau d h_{et}$ este lunecarea pe înălţimea unui etaj;

a — lăţimea minimă a alveolelor (fig. 16.37, *b*);

ε — coeficient de corecţie (reducere), stabilit în funcţie de forma profilaţiei laterale a panourilor, de numărul de profilaţii pe înălţimea unui etaj şi de înălţimea etajului (fig. 16.37, *c*);

R_{pr} şi R_t — rezistenţele de calcul ale betonului monolit din îmbinare, stabilite conform STAS 10 102-75;

h; d este înălţimea, respectiv grosimea panoului;

A' — aria centurii (fig. 16.37, d);

R_{at} — rezistenţa de calcul a armăturii stabilită conform STAS 10102-75;

A_a — aria armăturii transversale din îmbinarea verticală şi a armăturii longitudinale din centură.

Se poate face şi o verificare a îmbinării, solicitată la lunecare, în stadiul plastic cu relaţia:

$$T_{min} = 2\, A_a\, R_{at}\ \text{[kN]}. \qquad (16.32)$$

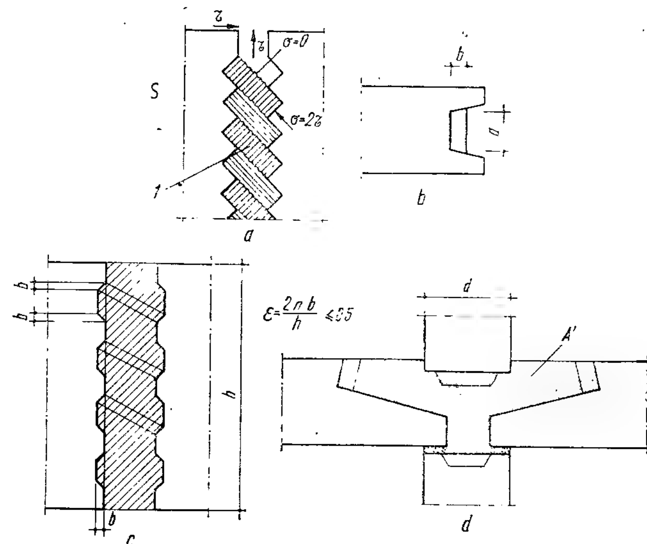


Fig. 16.37. Schema de comportare mecanică a îmbinării verticale: *a* — formarea bielelor de compresiune sub acţiunea forţelor laterale; *b* — detaliu de alveolă şi prag; *c* — stabilirea coeficientului ε; *d* — detaliu de îmbinare a panourilor de planşeu cu cele de pereţi interiori; *1* — bielă de compresiune.

În acest caz se recomandă ca să fie satisfăcută condiţia:

$$L_e \leqslant T_{min}. \qquad (16.33)$$

În îmbinările de la ramificaţia pereţilor interiori cu cei exteriori se recomandă ca cel puţin 75% din armătura rezultată din calcul să se distribuie pe toată înălţimea îmbinării verticale.

16.3.5. VERIFICAREA ÎMBINĂRILOR ORIZONTALE

Se utilizează, de obicei, două tipuri de îmbinări orizontale: îmbinări cu subbetonare şi îmbinări cu pene.

16.3.5.1. **Îmbinări cu subbetonare.** La aceste tipuri de îmbinări este necesară verificarea compresiunii la extremităţile panoului în contact cu îmbinarea orizontală, folosind relaţia:

$$\sigma \leqslant \xi R_{pr} \qquad (16.34)$$

în care σ este efortul maxim de compresiune iar ξ — coeficient de corecţie stabilit în funcţie de modul de rezemare al planşeului şi de alcătuirea centurii, a cărei valoare poate fi egală cu 0,8 dacă lăţimea secţiunii curente a centurii este egală cu cea a panoului, cu 0,7 cînd se realizează o oarecare continuitate între panourile alăturate de planşeu prin armături sudate, prin bucle sau cînd planşeele pătrund în îmbinare, şi egală cu 0,5 în toate celelalte cazuri.

Se menţionează că în evaluarea efortului maxim de compresiune, σ, la cele două extremităţi (superioară şi inferioară) ale panoului se consideră excentricităţile de calcul precizate în capitolul 11.

Pentru verificarea la lunecare atît în partea superioară, cît şi la partea inferioară, se consideră bielele de compresiune şi ansamblul îmbinării orizontale a unei diafragme verticale, folosind relaţia:

$$L_0 \leqslant \frac{R_{pr}}{2}\,\varepsilon a l + R_{at} A'_a\ \text{[kN]}, \qquad (16.35)$$

în care:

L_0 este lunecarea pe ansamblul îmbinării orizontale, dată de relaţia, $L_0 = A_\tau d$ cu A_τ rezultat din figura 16.38, *a*,

a — lăţimea alveolei sau a pragului,

ε — coeficientul de reducere, definit ca secţiunea activă a bielelor de compresiune, raportată la unitatea de lungime şi care se determină în funcţie de forma profilaţiei superioare şi inferioare a panourilor şi de numărul, n, de alveole (praguri) pe lungimea considerată (fig. 16.38, *b*);

R_{at} — rezistenţa de calcul a armăturii;

A'_a — aria armăturii verticale dintre panouri şi din stîlpişori, exclusiv armătura utilizată pentru preluarea volumului de întindere; A'_a se află în zona de lungime l sau în imediata ei apropiere.

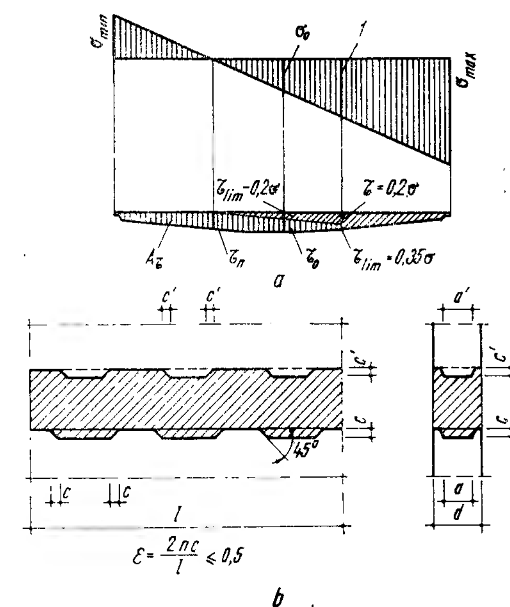


Fig. 16.38. Îmbinare orizontală cu subbetonare: *a* — distribuţia tensiunilor normale pe lungimea îmbinării; *b* — detalii pentru elementele îmbinării orizontale; *1* — secţiunea în care este satisfăcută relaţia $\tau_{lim} = 0,35\,\sigma$.

Se consideră că pentru valorile $\tau_{lim} < 0,35\,\sigma$ lunecările pot fi preluate prin frecare (ipoteza C o u l o m b); pentru zona comprimată în care această relaţie nu este satisfăcută, se consideră că numai o parte din efortul τ, egală cu $0,2\sigma$, se poate prelua prin frecare.

Verificarea capacităţii de rezistenţă în stadiul plastic al îmbinării orizontale, solicitată la lunecare, se face cu relaţia:

$$T_{min} = 2\, A'_a\, R_{at}, \qquad (16.36)$$

cu condiţia:

$$L_0 < T_{min}. \qquad (16.37)$$

Aria de armătură utilizată pentru preluarea volumului de întindere rezultat din efortul de compresiune excentrică se determină cu relaţia:

$$\bar{A}_a = \frac{V_\sigma}{R_a}. \qquad (16.38)$$

în care V_σ este volumul de întindere din inima şi tălpile zonei întinse, iar R_a — rezistenţa de calcul a armăturii stabilită conform STAS 10 102-75.

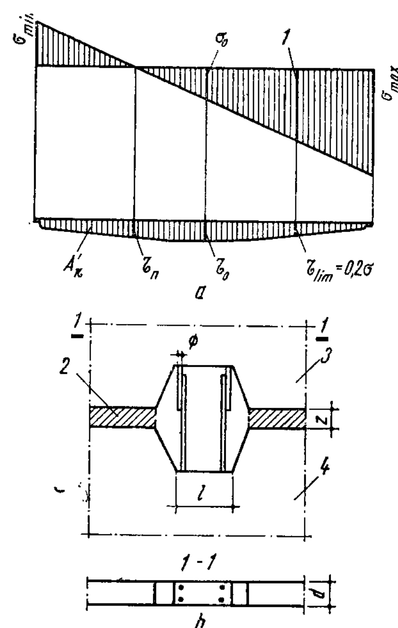


Fig. 16.39. Îmbinare orizontală cu pene:

a — distribuția tensiunilor normale pe lungimea îmbinării; *b* — geometria penei; *1* — secțiunea în care este satisfăcută relația $\tau_{lim} = 0{,}2\sigma$; *2* — centură; *3* — panou superior; *4* — panou inferior.

Armătura rezultată se distribuie în panouri și în îmbinările verticale, pe cît posibil proporțional cu distribuția eforturilor.

16.3.5.2. **Îmbinări cu pene.** Verificarea compresiunii locale în partea inferioară și superioară a panourilor în contact cu îmbinarea, ca și determinarea armăturii verticale necesare pentru preluarea întinderilor din compresiunea excentrică ($\bar{A}_a$) se face ca la punctul 16.3.5.1. pentru îmbinările cu subbetonare.

Stratul de mortar se verifică la compresiune cu formula:

$$\sigma \leqslant 0{,}4\ \gamma_i M\ [\text{daN/cm}^2], \qquad (16.39)$$

în care:

σ este efortul maxim de compresiune;

M — marca mortarului de ciment;

γ_i — coeficient de corecție stabilit în funcție de modul de realizare a stratului de mortar care se ia egal cu 0,6 pentru mortar de poză și cu 0,8 pentru mortar matat.

Lunecarea în îmbinare se verifică cu relația:

$$L_0 \leqslant \Sigma Q, \qquad (16.40)$$

în care:

L_0 este lunecarea pe ansamblul îmbinării orizontale (fig. 16.39, *a*), determinată cu relația:

$$L_0 = A'_\tau \cdot d \text{ (v. fig. 16.39)} \qquad (16.41)$$

Q — lunecarea capabilă a unei pene, care se determină cu relația:

$$Q = \sqrt{R_{pr}}\,(k_1 dl + k_2 n \Phi^2 \cos^2 \alpha); \qquad (16.42)$$

R_{pr} — rezistența prismatică a betonului din monolitizare;

$d; l$ — dimensiunile penei (v. fig. 16.39, *b*);

$n; \varnothing$ — numărul, respectiv diametrul barelor verticale, care traversează pana;

$k_1; k_2$ — coeficienți de corecție, care se pot lua pentru forme similare cu cea din figura 16.39, *b*, $k_1 = 2$, $k_2 = 50$, iar pentru alte forme de pene k_1 și k_2 se determină prin încercări;

$$\cos^2 \alpha = l^2/(z^2 + l^2).$$

Armătura A'_a care nu cuprinde barele considerate în stabilirea capacității de rezistență a penelor de beton armat se distribuie îmbinărilor verticale și în panouri pe cît posibil proporțional cu distribuția eforturilor.

16.4. METODE DE CALCUL ȘI PROGRAME PENTRU CALCULUL DIAFRAGMELOR

16.4.1. METODE DE COMPLEXITATE MEDIE

Metodele de complexitate medie mențin ipotezele simplificatoare de a considera diafragmele cu goluri drept cadre etajate, însă se bazează pe scrierea condițiilor de egalitate a săgeților între diferitele diafragme la nivelul fiecărui planșeu, dar nu se mai consideră diafragmele ca structuri monotone fiind posibil să se țină seama de:

— variația pe verticală a caracteristicilor geometrice (grosimea diafragmelor, înălțimea etajelor, deschiderile golurilor, dimensiunile buiandrugilor) și a materialului (marca betonului);

— posibilitatea de a renunța la legi simplificate de distribuție pe verticală a încărcărilor laterale, corectînd această distribuție în concordanță cu deformata structurii;

— posibilitatea efectuării calculului nu numai pentru modul fundamental de vibrație, ci și pentru moduri superioare.

Aceste aspecte devin importante la construcțiile mai înalte de 10 niveluri. Scrierea sistemului de ecuații de condiție sub forma generală pentru ansamblul structurii conduce la un număr foarte mare de ecuații. De aceea, diversele metode din această categorie cuprind, în final, unele aproximații și simplificări.

Dintre metodele de complexitate medie utilizate, se pot cita:

— *metoda deformațiilor impuse* elaborată de I.S.L.G.C., București;

— *metoda rigidităților relative de nivel*, elaborată de cons. ing. Em. Tițaru, prof. ing. Al. Cișmigiu și de prof. dr. ing. M. Ifrim;

— *metoda matricei de rigiditate;*

— *metoda matricei de flexibilitate;*

— *metoda cadrului echivalent* elaborată de F. Borges și Ravara care a fost folosită și îmbunătățită de Institutul Politehnic Iași și utilizată sub o formă proprie, de către ICPROM Iași.

Întrucît dimensiunile elementelor componente ale diafragmelor (plinurile verticale și buiandrugii) sînt mari în comparație cu distanța dintre noduri, diafragma nu se poate reduce la axele sale iar nodurile nu pot fi considerate punctuale. Avînd în vedere că pentru fiecare plin vertical se acceptă ipoteza secțiunilor plane, pentru a reduce diafragma la axele sale se introduc zone rigide care leagă capetele buiandrugilor de axele plinurilor verticale.

Datorită dimensiunilor mari ale elementelor componente în raport cu lungimile dintre noduri, este necesar să se ia în considerare și efectul forței tăietoare. Prin considerarea celor menționate, diafragmele cu goluri pot fi reduse, ca scheme de calcul, la sisteme de bare reticulare. Rigiditățile pentru astfel de bare (fig. 16.40 și 16.41) au forme care în particular sînt cele cunoscute de la cadrele clasice.

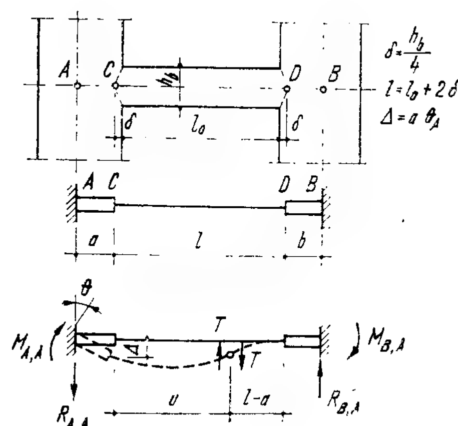
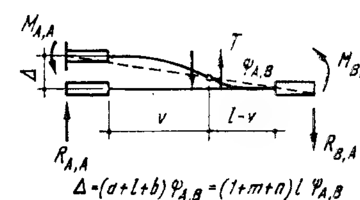


Fig. 16.40. Schemă generalizată pentru o bară cu rotire de nod, θ. la capătul din stînga.

Fig. 16.41. Schemă generalizată pentru o rotire de bară.



16.4.2. METODE BAZATE PE TEORIA ELASTICITĂŢII

Dintre metodele bazate pe teoria elasticităţii, utilizate în practica de proiectare, se pot cita:

— *metoda diferenţelor finite;*

— *metoda elementelor finite;*

— determinarea deformaţiilor şi eforturilor folosind *modele fotoelastice.*

Programele folosite pentru calculul structurilor în diafragme sînt:

DIAB — efectuează calculul la translaţie a structurilor din diafragme de beton armat la solicitări orizontale (vînt şi/sau seism) folosind calculator *IBM* 360, 370;

DIAT, (ISLGC) — efectuează calculul la torsiune a structurilor în diafragme de beton armat la solicitări orizontale folosind calculator *IBM* 360, 370;

DIAM, (ISLGG) — efectuează calculul matricelor de flexibilitate pentru diafragmele de beton armat folosind calculator *IBM* 360, 370;

DIASEI, (IPB) — efectuează calculul structurilor în diafragme monotone la solicitări seismice (la translaţie şi/sau torsiune);

CADIAC, (IPC) — calculează starea de eforturi şi deplasări pentru structuri spaţiale alcătuite din cadre sau cadre şi diafragme, folosind calculator *IRIS* sau *FELIX C*—256;

DESTAT — calculează eforturile şi deplasările în orice punct al unei structuri spaţiale, alcătuite din cadre şi diafragme cu ajutorul elementelor finite dreptunghiulare, cu rotiri pe noduri la încărcări statice (forţe, variaţii de temperatură şi deplasări impuse);

DEDINS, (INCERC) — calculează eforturile şi deplasările în orice punct al unei structuri spaţiale alcătuită din diafragme şi cadre, cu ajutorul elementelor finite dreptunghiulare cu rotiri pe noduri, în cazul încărcărilor dinamice-seismice (folosind modurile proprii de vibraţie);

IPROTIM — determină starea de eforturi din solicitări orizontale cunoscute pentru clădiri cu structura de rezistenţă în diafragme;

ICPROM—Iaşi — efectuează calculul structurilor în diafragme la solicitări orizontale, inclusv calculul la torsiune.

Capitolul 17

CLĂDIRI CU STRUCTURA DIN PEREŢI PORTANŢI DE ZIDĂRIE

17.1. GENERALITĂŢI

La clădirile cu structura din pereţi portanţi de zidărie, planşeele pot fi considerate ca reazeme fixe pentru pereţi rezultînd structura rigidă, sau ca reazeme elastice deplasabile, rezultînd structura flexibil-elastică, în funcţie de distanţa dintre pereţii transversali de rezistenţă şi de rigidizare care asigură rigiditatea structurii în plan transversal, precum şi de rigiditatea planşeului în planul lui.

Structura rigidă cu pereţi portanţi din zidărie se consideră atunci cînd distanţa dintre pereţii portanţi transversali este mică. Acest tip de structură se utilizează, în special, la clădirile de locuit şi la unele tipuri de clădiri social-culturale, care datorită funcţiunii lor au o alcătuire structurală asemănătoare cu a clădirilor de locuit (cămine, hoteluri etc., fig. 17.1).

Structura flexibil-elastică cu pereţi portanţi din zidărie este structura la care pereţii transversali sînt situaţi la distanţă mare (fig. 17.2), rigiditatea transversală a clădirii fiind asigurată prin conlucrarea spaţială a pereţilor portanţi longitudinali datorită acoperişului sau planşeului rigid. Acest tip de structură se foloseşte mai ales la clădirile cu parter, la construcţiile agricole, ateliere, magazine săteşti, magazii, clădiri de tip sală sau hală etc. (fig. 17.3).

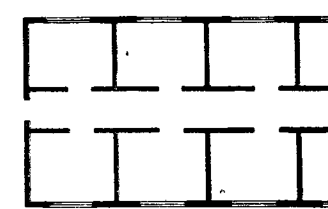


Fig. 17.1. Clădire socială cu structură rigidă din pereţi portanţi de zidărie.

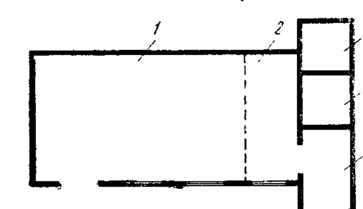


Fig. 17.2. Clădire tip sală cu structură flexibil-elastică cu pereţi portanţi din zidărie:
1 — sală de spectacole, *2* — scenă; *3* — anexe.

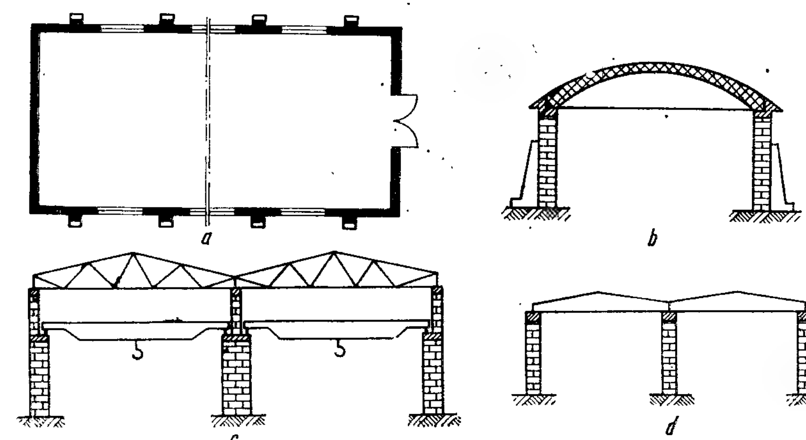


Fig. 17.3. Clădiri cu structura flexibil-elastică din pereţi portanţi de zidărie:
a; *b* — planul şi secţiunea transversală a unei magazii de cereale cu pereţi portanţi din zidărie prevăzuţi pe laturile lungi cu contraforţi; *c*; *d* — secţiuni transversale prin hale industriale cu pereţi portanţi din zidărie.

17.2. CLĂDIRI CU STRUCTURA PORTANTĂ RIGIDĂ

La proiectarea clădirilor cu pereţi portanţi din zidărie de cărămidă, blocuri mici sau mari, este necesar ca dispunerea pereţilor să se facă după ambele direcţii principale ale clădirii, astfel ca să se realizeze o structură casetată (celulară sau fagure). Desigur, în cazul cînd aceste clădiri sînt amplasate în zone seismice, la alegerea formei în plan şi alcătuirea structurii trebuie să se respecte toate măsurile constructive prevăzute în prescripţiile tehnice.

La aceste clădiri, care se realizează cu maximum cinci niveluri (P + 4E), grosimea pereţilor exteriori de rezistenţă se stabileşte din condiţii de izolare termică, iar a celor interiori de rezistenţă din condiţii de izolare fonică şi de rezistenţă. Din calcule urmează a se stabili marca cărămizii, marca mortarului şi eventual necesitatea introducerii unor stîlpişori din beton armat.

Calculul la acţiunea forţelor orizontale se bazează pe aceleaşi principii ca şi cel aplicat la structurile în diafragme din beton armat monolit, avînd, desigur, în vedere caracteristicile mecanice şi elastice specifice zidăriei simple sau a celei complexe cu elemente din beton armat înglobate în zidărie. Forţa exterioară totală de nivel P_{vk} se va repartiza la diferitele diafragme prin oricare din procedeele de repartizare cunoscute, considerînd că structura are comportare spaţială, astfel încît deformaţiile diafragmelor sînt compatibile cu deformaţiile planşeului. Rezultă deci o conlucrare între diafragmele transversale şi cele longitudinale, rigiditatea unei diafragme fiind dată de diafragma paralelă cu direcţia de acţiune a forţei orizontale exterioare, cît şi de anumite porţiuni din diafragmele perpendiculare, alcătuind astfel secţiuni complexe I, T, L, F, E etc. (v. fig. 16.20).

Ipotezele simplificatoare care stau la baza metodei de calcul sînt:

— zidăria se consideră că lucrează ca un material omogen, izotrop şi elastic;

— diafragmele verticale se consideră încastrate la bază, dacă subsolul constituie un sistem rigid încastrarea se poate lua la partea superioară a acestuia;

— întrucît la marea majoritate a clădirilor cu structura în diafragme de zidărie, raportul dintre înălţimea diafragmei şi lăţimea ei este mai mic decît 3, în calculul deformaţiilor (rigidităţilor) se va lua în considerare şi efectul forţelor tăietoare cu modulul de elasticitate transversal al zidăriei avînd valoarea $G_z = 0{,}25\ E_z$;

— zidăria rigidizată cu elemente din beton armat (stîlpişori) se consideră în calcule cu secţiunea ideală stabilită în funcţie de raportul dintre modulii de elasticitate a celor două materiale şi cu momentul de inerţie ideal:

$$A_i = A_z + n_e A_b; \qquad (17.1)$$

$$I_i = I_z + n_e I_b, \qquad (17.2)$$

unde:

$n_e = \frac{E_b}{E_z}$ este coeficientul de echivalenţă;

A_z, I_z — aria, respectiv momentul de inerţie al secţiunii zidăriei, stabilite în raport cu axa care trece prin centrul de greutate al secţiunii ideale;

A_b, I_b — aria, respectiv momentul de inerţie al secţiunii de beton stabilite în raport cu axa ce trece prin centrul de greutate al secţiunii ideale.

Şi în cazul structurilor cu diafragme din zidărie pot apărea cele două tipuri de diafragme, pline şi cu goluri. La diafragmele cu goluri mici se verifică buiandrugul la forţa tăietoare provenită din lunecarea din buiandrug şi la momentul încovoietor care solicită buiandrugul.

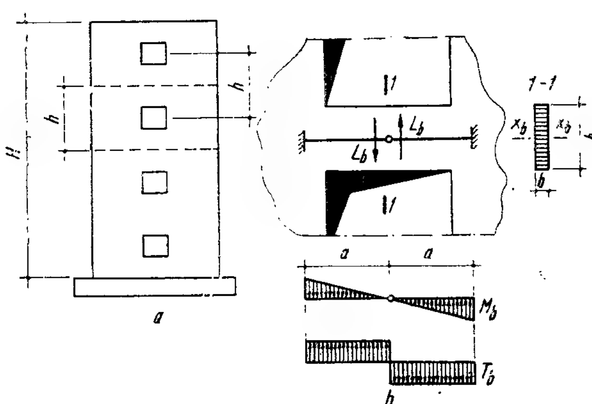


Fig. 17.4. Solicitări în buiandrugi la o diafragmă cu goluri mici: *a* — schema diafragmei; *b* — solicitările în buiandrug.

În cazul diafragmelor cu goluri mici (fig. 17.4) lunecarea în buiandrug este dată de relaţia:

$$L_b = \tau h b = \frac{TS}{bI} b h = \frac{TS}{I} h, \qquad (17.3)$$

iar momentul încovoietor şi forţa tăietoare de relaţiile:

$$M_b = L_b a; \qquad (17.4)$$

$$T_b = L_b. \qquad (17.5)$$

Pentru stabilirea deschiderii de calcul a buiandrugilor la diafragmele cu goluri, se indică valoarea:

$$2a = \lambda l_0, \qquad (17.6)$$

în care λ se ia din graficul prezentat în figura 17.5, *c*.

Pentru buiandrugii compuşi din beton şi zidărie, aria şi momentul de inerţie se iau cele ideale.

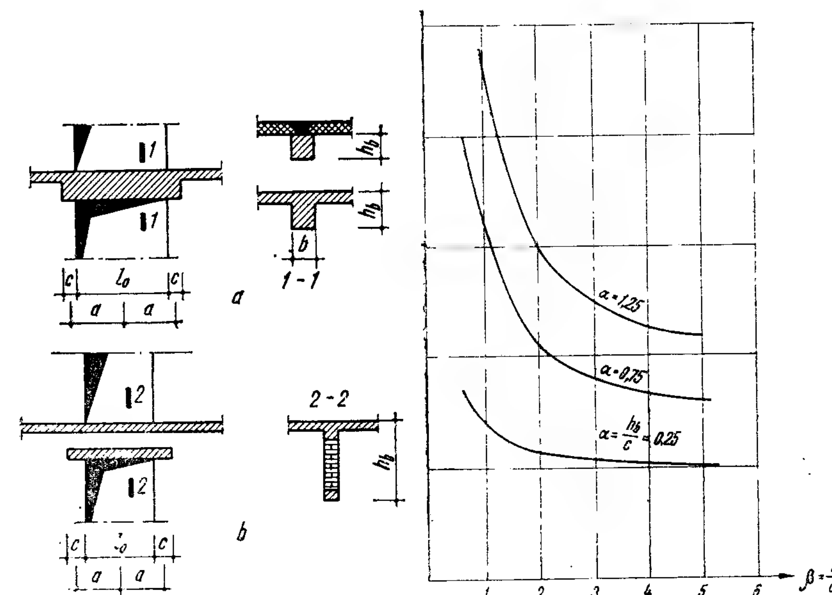


Fig. 17.5. Stabilirea deschiderii şi înălţimii de calcul a buiandrugilor: *a* — pentru buiandrugi din beton armat monolit sau din elemente prefabricate; *b* — pentru buiandrugi din beton armat amplasaţi sub centură; *c* — variaţia coeficientului λ cu raportul l_0/c.

După determinarea eforturilor secționale N, M, T elementele structurii se verifică la forfecare în rostul orizontal, la compresiune excentrică și la eforturi principale de întindere, identic cu diafragmele din beton armat, luînd în considerare caracteristicile mecanice și elastice proprii zidăriei.

Pentru calculul diafragmelor cu goluri mijlocii se poate folosi și metoda structurii continue echivalente.

17.3. CLĂDIRI CU STRUCTURA FLEXIBIL-ELASTICĂ

După cum s-a arătat, aceste clădiri realizate din cadre transversale prin intermediul acoperișului, sînt parter, rareori parter și unu sau două etaje. Rigla cadrului, considerată legată articulat de stîlpi, este acoperișul, iar stîlpii, considerați încastrați la bază, sînt zidurile exterioare și interioare (în unele cazuri chiar stîlpii din zidărie).

În cazul cînd stîlpii cadrului sînt ziduri, secțiunea acestora depinde de modul de rezemare a acoperișului: dacă rezemarea acoperișului se face continuu pe zid, iar zidul nu este prevăzut cu contraforți sau goluri, calculul se face pentru un metru lungime de perete (fig. 17.6, *a*) iar cînd zidul este prevăzut cu contraforți, lungimea de calcul se ia ca în figura 17.6, *b*. Dacă rezemarea acoperișului se face punctual (reazeme de grinzi, ferme, arce etc.), lățimea tălpii depinde de distanța x, de la reazem pînă la secțiunea de calcul, considerîndu-se că transmiterea încărcării se face sub un unghi de 45° (fig. 17.7, *a*). Pentru simplificarea calculelor se admite ipoteza secțiunii constante pe toată înălțimea zidului cu lățimea $H/3$ de fiecare parte a contrafortului (reazemului), dar nu mai mare decît jumătate din travee (fig. 17.7, *b*).

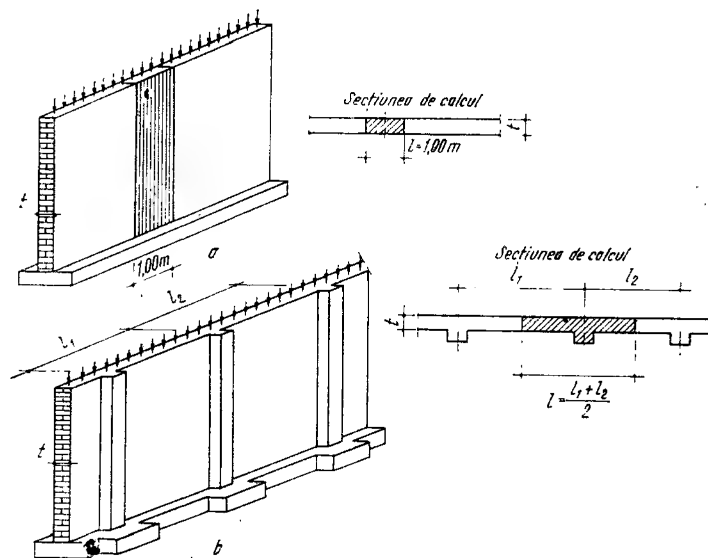


Fig. 17.6. Secțiunea de calcul în cazul rezemării continue a acoperișului pe pereții din zidărie:
a — la pereți fără contraforți sau goluri; *b* — la pereți cu contraforți.

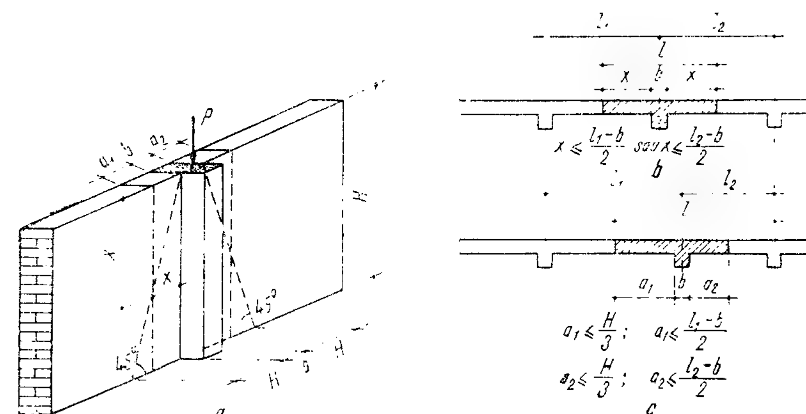


Fig. 17.7. Secțiunea de calcul în cazul rezemării punctuale a acoperișului pe pereții din zidărie:
a — schema peretelui; *b* — secțiunea de calcul variabilă pe înălțime, în funcție de distanța x; *c* — secțiunea de calcul constantă pe înălțimea zidului (ipoteză simplificatoare).

Calculul acestui tip de structură se face în două stadii:

— ***stadiul I***, cînd clădirea are pereții executați, iar acoperișul nu este turnat sau montat;

— ***stadiul II***, cînd clădirea este executată complet și dată în exploatare.

17.3.1. CALCULUL CLĂDIRII ÎN STADIUL I

În acest stadiu, pereții fiind executați, iar acoperișul nu, schema statică de calcul a pereților este o consolă încastrată la bază și liberă la partea superioară.

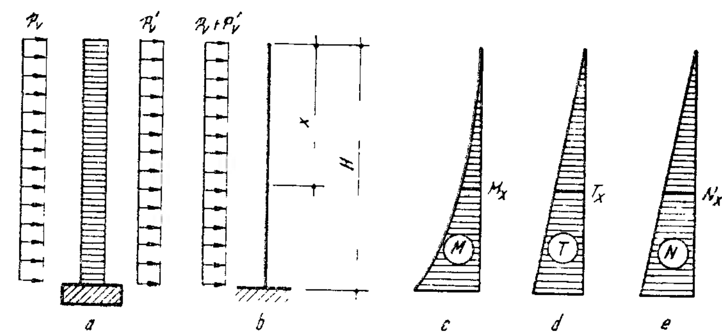


Fig. 17.8. Schema de calcul a peretelui în stadiul I:
a — secțiune prin perete și forțele care il acționează; *b* — schema statică a peretelui; *c* — diagrama de momente; *d* — diagrama de forțe tăietoare; *e* — diagrama de forțe axiale.

Asupra peretelui acţionează greutatea acestuia de deasupra secţiunii de calcul, dînd naştere forţei axiale N_x, şi presiunea plus sucţiunea vîntului, care dau naştere momentului încovoietor M_x şi forţei tăietoare T_x (fig. 17.8):

$$M_x = \frac{(p_v + p'_v)\, lx^2}{2}; \tag{17.7}$$

$$T_x = (p_v + p'_v)\, lx \tag{17.8}$$

în care l este lăţimea secţiunii.

Fiind determinate eforturile secţionale N, M şi T se dimensionează sau verifică în continuare secţiunea de zidărie, aplicînd relaţiile date în capitolul 7.

17.3.2. CALCULUL CLĂDIRII ÎN STADIUL II

În acest stadiu clădirea este executată complet. Cadrul transversal fiind format din pereţi (stîlpi) şi acoperiş, calculul static se simplifică admiţînd următoarele ipoteze de calcul, care practic sînt asigurate:

— riglele cadrului (acoperişul) sînt de rigiditate infinită în lungul lor;

— cadrul transversal care se calculează nu conlucrează cu cadrele învecinate;

— zidăria lucrează în domeniul elastic.

Pe baza primei ipoteze de calcul rezultă deplasări egale ale capetelor stîlpilor la nivelul acoperişului (fig. 17.9), ceea ce permite reducerea gradului de nedeterminare statică a structurii, de exemplu, clădirile cu parter sînt o dată static nedeterminate şi permite exprimarea reacţiunilor elastice de la capetele stîlpilor în funcţie de reacţiunea din reazemul articulat al unui stîlp încastrat la bază şi articulat la capătul superior, fiind solicitat la toate încărcările. Determinarea necunoscutelor (reacţiunilor) elastice se face utilizînd metoda eforturilor.

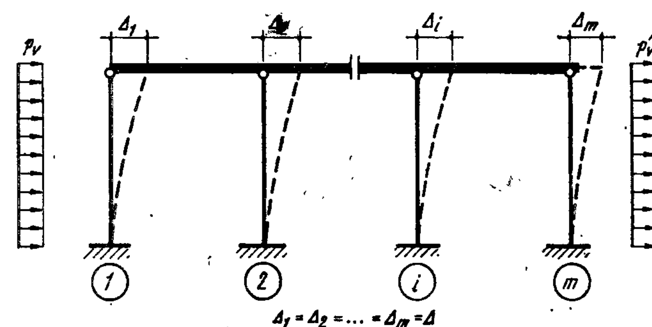


Fig. 17.9. Schema statică a structurii flexibil-elastică în stadiul II.

După ce se stabilesc reacţiunile elastice de reazem din toate încărcările, pentru toţi stîlpii, se trece la calculul eforturilor secţionale N, M şi T pentru fiecare stîlp în parte şi la verificarea secţiunilor de zidărie.

Capitolul 18

STRUCTURI DE REZISTENŢĂ ÎN CADRE PENTRU CONSTRUCŢII CIVILE

18.1. ELEMENTE GENERALE. ALCĂTUIRE CONSTRUCTIVĂ. DOMENIU DE UTILIZARE

Structurile cu schelet sînt alcătuite, în general, dintr-un sistem spaţial de bare verticale şi orizontale, stîlpi şi rigle, îmbinate rigid la noduri. Pentru ca structura să poată prelua încărcările orizontale acţionînd după orice direcţie, cadrele se dispun în mod obişnuit după două direcţii ortogonale, care corespund cu axele principale ale construcţiei (transversală şi longitudinală pentru clădirile cu formă dreptunghiulară în plan). Reţeaua de stîlpi este, de obicei, regulată, dar stîlpii pot fi amplasaţi şi diferit, neuniform pe întreaga suprafaţă a construcţiei; ei pot fi grupaţi în zona centrală sau amplasaţi periferic. Pe riglele cadrului pot rezema planşee cu alcătuiri variate. În orice caz, reţeaua de stîlpi sau schema de dispunere a stîlpilor, care influenţează schemele de alcătuire a cadrelor, se află în interdependenţă cu distribuţia arhitecturală şi cu organizarea generală a partiului.

Pe lîngă funcţionalitatea clădirii, reţeaua stîlpilor este influenţată de condiţiile de rezistenţă, rigiditate şi stabilitate a structurii, de alcătuirea planşeelor, ca şi de unele cerinţe ale tehnologiei de execuţie. La structurile cu schelet din beton armat se prevăd rosturi de dilatare şi contracţie la distanţe maxime de 50 m în cazul cadrelor monolite, respectiv 60 m în cazul cadrelor prefabricate.

Clădirile avînd structuri cu schelet permit o organizare flexibilă în ceea ce priveşte distribuţia spaţiului interior, care poate fi compartimentat în moduri diferite, influenţată însă de prezenţa elementelor structurale verticale, stîlpii, care creează servituţi minime şi a unor elemente funcţionale (circulaţiile pe verticală prin scări şi ascensoare, ghenele de ventilaţie etc.).

Ca pereţi exteriori de închidere se pot folosi fie pereţi de umplutură din zidărie de produse ceramice sau de beton uşor, fie elemente uşoare de închidere, eficiente şi cu grad ridicat de industrializare, cum sînt fişiile sau panourile uşoare de faţadă, pereţii-cortină etc.

Elementele interioare de compartimentare, pereţii despărţitori purtaţi pot ocupa poziţii diferite la diverse niveluri ale clădirii. Astfel, construcţiile cu schelet permit elaborarea de planuri de arhitectură diferite la nivelurile clădirii pentru satisfacerea de cerinţe funcţionale variate, cît şi efectuarea cu uşurinţă de modificări funcţionale viitoare.

Se folosesc şi structuri combinate din cadre şi diafragme, conlucrînd spaţial cu planşeele şi distribuite astfel ca să asigure rezistenţa şi stabilitatea construcţiilor la acţiunea încărcărilor verticale şi orizontale.

Structurile cu schelet din beton armat se folosesc îndeosebi la clădirile social-culturale, necesitînd o mare flexibilitate în distribuirea spaţiului, ţinînd seamă de funcţionalitatea lor, cum sînt: clădiri pentru învăţămînt superior, administrative, comerciale şi de alimentaţie publică, clădiri pentru îngrijirea sănătăţii

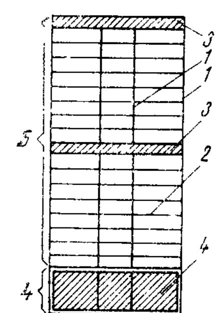


Fig. 18.1. Elementele componente ale unei structuri înalte, etajate:

1 — elemente structurale verticale; *2* — elemente structurale orizontale (planșeu-diafragmă); *3* — planșeu chesonat; *4* — infrastructură; *5* — suprastructură.

(policlinici, spitale etc.), clădiri culturale (teatre, cluburi, săli de expoziții, cinematografe etc.). Structurile cu schelet se utilizează, de asemenea, la clădiri de locuit sau hoteluri cu multe niveluri, cu flexibilitate sporită și diversitate de partiuri de arhitectură pentru apartamente, existind și posibilitatea prevederii cu ușurință a spațiilor comerciale la parterul clădirilor respective. În acest scop se pot folosi cu eficiență și structurile cu schelet combinat din cadre și diafragme.

Structurile cu schelet în cadre din beton armat se comportă bine la acțiunea cutremurelor, ceea ce permite utilizarea lor la clădiri multietajate, cu 15 . . . 20 niveluri. Pentru structurile construcțiilor înalte multietajate, a căror folosire pentru clădirile social-culturale și de locuit este în continuă creștere, se utilizează în prezent structurile în cadre spațiale, cu diafragme, mixte, tubulare și cu grinzi-pereți decalate.

Din alcătuirea unei structuri înalte, pe lingă elementele structurale verticale (cadre, diafragme, cadre-diafragme, tuburi, miezuri) și orizontale (șaibele indeformabile ale planșelor-diafragmă, structuri plane speciale cu rigiditate în plan orizontal — cadre orizontale, sisteme orizontale triangulate, grinzi și grinzi pereți dispuse orizontal), fac parte și elemente structurale orizontale cu rigiditate mare în plan vertical, cum sînt: infrastructurile, adică complexul mixt fundații — subsoluri și planșeele chesonate de la nivelul etajelor tehnice sau ale teraselor (fig. 18.1) [26].

18.2. STRUCTURI CU SCHELET ÎN CADRE DIN BETON ARMAT

18.2.1. STRUCTURI CU CADRE DIN BETON ARMAT MONOLIT

Cadrele din beton armat monolit sînt structuri tradiționale cu schelet, la care se pot folosi tipuri variate de planșee din beton armat monolit (fig. 18.2), în funcție de alcătuirea și dimensiunile rețelei de stîlpi și de celelalte condiții tehnico-economice (destinație, cerințe estetice și funcționale specifice, cofraje utilizate etc.) [29].

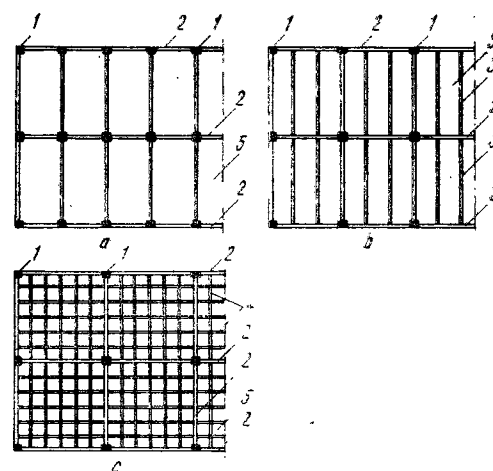


Fig. 18.2. Scheme de planșee monolite la structuri în cadre:

a — placă continuă rezemată pe rigle; *b* — planșeu cu nervuri (grinzi secundare) și rigle (grinzi principale); *c* — planșeu cu rețea de grinzi (casetat); *1* — stîlpi; *2* — grinzi principale; *3* — grinzi secundare; *4* — nervurile planșeului casetat; *5* — placă.

Folosirea planșeelor din elemente prefabricate de beton armat, mai ales a prefabricatelor tip, la structurile în cadre din stîlpi și rigle, permite obținerea de avantaje tehnico-economice. În acest caz, alcătuirea riglelor monolite ale cadrelor trebuie să asigure rezemarea și monolitizarea corespunzătoare a elementelor de planșeu într-o diafragmă orizontală rigidă, indeformabilă și deci trans-

miterea sigură și corectă a eforturilor din acțiunile verticale și orizontale. Se folosesc și structuri în cadre de beton armat cu industrializare sporită prin prefabricare, cum sînt: structurile cu prefabricare parțială (planșee și rigle prefabricate și stîlpi turnați monolit; planșee și cadre prefabricate combinate cu diafragme sau sîmburi, nuclee monolite etc.) sau integral prefabricate.

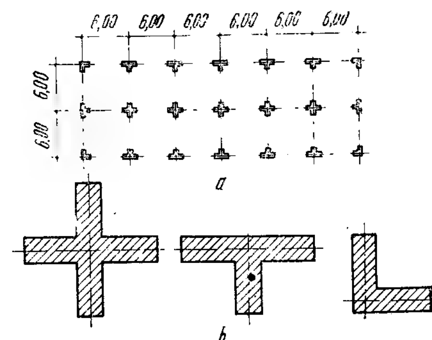


Fig. 18.3. Schema structurii unei construcții cu cadre lamelare, P + 10E, proiectată de ICPROM — Iași:

a — schema dispunerii stîlpilor; *b*.— detalii de stîlpi.

Procedee moderne se folosesc și în cadrul structurilor în cadre din beton armat integral monolit (stîlpi, rigle, planșee), folosind tehnologii industrializate: tipuri eficiente de cofraje (de inventar, tipizate etc.), cu numeroase reutilizări; armare cu carcase și plase sudate; betoane cu întărire rapidă; accelerarea întăririi betonului prin tratare termică etc. Eficiența tehnico-economică a tehnologiilor industrializate este sporită prin folosirea de elemente de închidere și compartimentare ale clădirii, de asemenea, industrializate și ușoare. De altminteri, însuși tipul de structură ales reprezintă unul dintre cei mai importanți factori ai industrializării. Alegerea tipului de structură depinde de numeroase criterii, dintre care un loc principal îl ocupă comportarea la forțe orizontale.

În figura 18.3 se prezintă schema unei structuri cu cadre lamelare folosită la Iași, proiectată de ICPROM-Iași, la care se observă că rigiditățile de nivel ale stîlpilor cadrului după direcțiile principale sînt apropiate [69].

Soluțiile pentru structurile cu cadre din beton armat turnat monolit sau din elemente prefabricate se aleg în funcție de cerințele funcționale și geometria clădirii (numărul de niveluri, înălțimea și dimensiunile în plan, mărimea deschiderilor și a traveelor, valoarea acțiunilor verticale ș.a.), de condițiile geotehnice, hidrologice etc. ale amplasamentului, de posibilitățile tehnologice și organizatorice de execuție (modul de confecționare a prefabricatelor, mijloacele de ridicare etc.) ca și de intensitatea acțiunilor orizontale, seismice sau ale vîntului, asupra structurilor înalte, cu mai multe niveluri.

Se folosesc, astfel, structuri care preiau integral acțiunile orizontale, cum sînt cadrele cu noduri rigide, cu o schemă statică similară unei structuri monolite sau structuri în alcătuirea cărora se folosesc elemente speciale destinate preluării acțiunilor orizontale, ca în cazul structurilor mixte, combinate, din stîlpi care preiau acțiunile verticale și diafragme, sîmburi sau nuclee care preiau acțiunile orizontale.

18.2.2. STRUCTURI CU CADRE DIN ELEMENTE PREFABRICATE

La aceste structuri se urmărește realizarea monolitismului prin îmbinări care să asigure rezistența, rigiditatea, stabilitatea și ductilitatea structurii, folosind procedee industrializate de execuție.

Se folosesc sisteme structurale grupate în:

— structuri integral prefabricate;

— structuri parțial prefabricate sau mixte, unele elemente ale cadrului fiind din beton armat monolit turnat pe șantier.

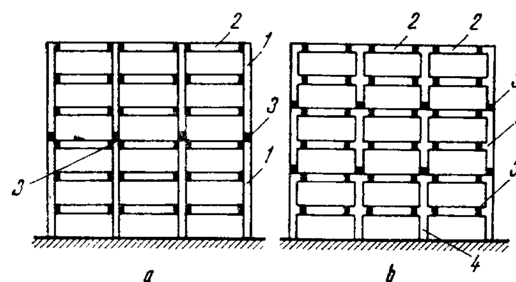


Fig. 18.4. Cadre din elemente prefabricate cu stîlpi continui pe mai multe niveluri :

a – cu îmbinarea riglelor prefabricate pe stîlpi; *b* – cu îmbinarea riglelor prefabricate pe consolele stîlpilor; *1* – stîlpi prefabricați cu secțiune constantă pe mai multe niveluri; *2* – rigle prefabricate; *3* – monolitizări; *4* – stîlpi prefabricați cu console.

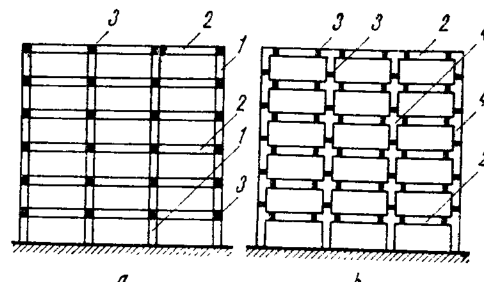


Fig. 18.5. Cadre din elemente prefabricate cu stîlpi avînd lungimea egală cu înălțimea etajului :

a – cu îmbinările stîlpilor și ale riglelor pe stîlpi, în dreptul planșeului; *b* – cu îmbinările stîlpilor și ale riglelor pe stîlpi, în zonele cu eforturi minime; *1* – stîlpi cu secțiune constantă; *2* – rigle prefabricate; *3* – monolitizări; *4* – stîlpi cu console.

18.2.2.1. **Structuri cu cadre integral prefabricate.** La aceste tipuri de structuri este necesară realizarea de noduri rigide, care să asigure continuitatea barelor cadrelor. Realizarea îmbinărilor în zona nodurilor, unde eforturile provocate de încărcările orizontale au valori maxime, prezintă dificultăți serioase de proiectare și execuție, astfel că soluțiile structurale adoptate urmăresc reducerea numărului îmbinărilor sau amplasarea lor în afara nodurilor de cadru, în zone cu eforturi comparativ mai reduse.

Se folosesc următoarele tipuri de structuri cu cadre integral prefabricate [30] :

— *cadre cu stîlpi continui pe mai multe niveluri* (fig. 18.4), indicate pentru clădiri cu deschideri mari și recomandîndu-se ca greutățile stîlpilor și riglelor să fie cît mai apropiate pentru o utilizare eficientă a macaralelor. Se pot prevedea console scurte numai pe o singură direcție, care permit ca îmbinarea cu riglele prefabricate să se facă în afara zonei nodurilor (fig. 18.4, *b*) ;

— *cadre cu stîlpii avînd lungimea egală cu înălțimea etajului*, care au o utilizare mai largă (fig. 18.5) ;

— *cadre din elemente prefabricate de forme diferite* (*T*, *L*, *H* etc.) cu un număr mai redus de îmbinări, ceea ce poate scurta durata de montaj (fig. 18.6) ; se recomandă ca structura să fie astfel concepută, încît îmbinările sau cel puțin o parte din ele, să poată rămîne articulate și în starea finală, de exploatare a construcției ;

— *cadre cu rigle transversale jumelate* ce trec de ambele părți ale stîlpilor (fig. 18.7), la care se realizează simplificări ale îmbinărilor între stîlpii și riglele prefabricate.

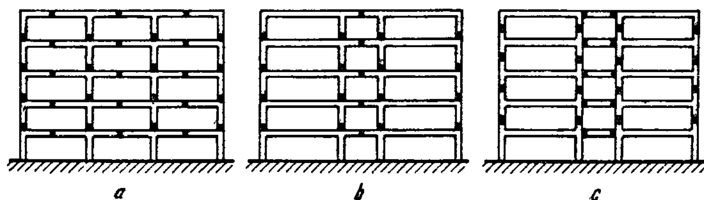


Fig. 18.6. Cadre din elemente prefabricate de forme diferite :

a – elemente *T* și *L*; *b* – elemente π; *c* – elemente *H*.

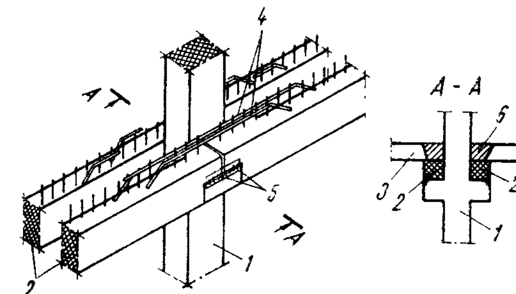


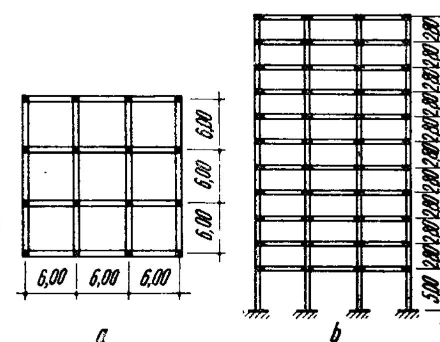
Fig. 18.7. Detaliu de îmbinare rigle-stîlp la un cadru cu rigle jumelate :

1 – stîlp prefabricat cu console continue în îmbinare; *2* – rigle jumelate; *3* – planșeu din fîșii cu goluri; *4* – armături de continuitate a riglelor în îmbinare; *5* – oțel lat sau corniere pentru solidarizarea riglelor cu consolele stîlpilor; *6* – îmbinarea planșeului pe rigle.

În figura 18.8 se prezintă schema unui cadru din elemente prefabricate de beton armat proiectat de I.S.A.R.T. și experimentat de INCERC — Iași și Catedra de Mecanica Construcțiilor din Facultatea de Construcții — Iași pe platforma seismică mare, în vederea verificării comportării sale la acțiunea cutremurelor.

În concepția cadrelor din elemente prefabricate se recomandă a se evita consolele scurte sau capitelurile de stîlpi, nedorite din cauza cerințelor funcționale sau estetice, la care acoperirea lor printr-un tavan suspendat atrage consecințe tehnico-economice dezavantajoase.

18.2.2.2. **Structuri cu cadre parțial prefabricate.** Sînt structuri cu planșee și rigle prefabricate, avînd însă stîlpii turnați monolit, de obicei în cofraje



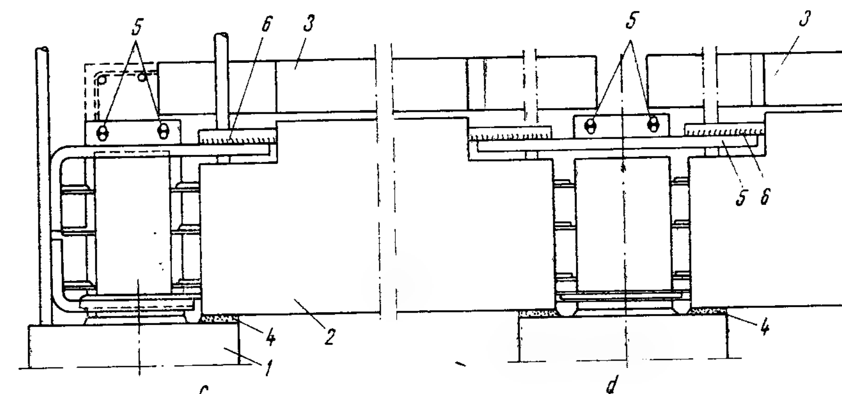


Fig. 18.8. Schema unui cadru prefabricat, utilizat pentru locuințe (proiect I.S.A.R.T.) :

a – schema de dispunere a stîlpilor în plan; *b* – schema secțiunii transversale; *c* – detaliu de îmbinare riglă-stîlp marginal; *d* – detaliu de îmbinare rigle-stîlp central; *1* – stîlp prefabricat; *2* – riglă prefabricată; *3* – semipanou cu dinți; *4* – mortar de poză; *5* – eclise; *6* – sudură.

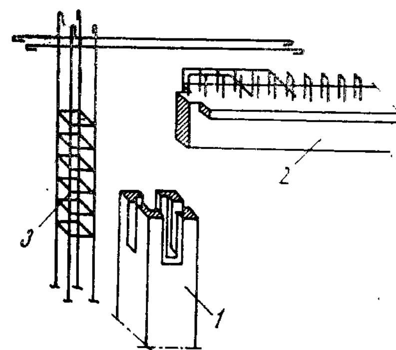


Fig. 18.9. Detaliu de îmbinare între riglă şi stîlp la structura cu stîlpi executaţi în două etape:
1 — stîlp tubular; 2 — riglă prefabricată; 3 — carcasă pentru armarea stîlpului.

metalice de inventar şi au avantajul că îmbinarea în nodul cadrului se execută comparativ mai uşor decît în cazul stîlpilor prefabricaţi. Cofrajele metalice ale stîlpilor au fante şi reborduri la partea superioară pentru rezemarea riglelor prefabricate în timpul montajului, astfel încît nu mai sînt necesare sprijiniri temporare pentru grinzile prefabricate; pe aceleaşi cofraje metalice ale stîlpilor şi eventual, suplimentar, pe sprijiniri temporare pot rezema cofrajele metalice în care se toarnă riglele cînd sînt executate monolit. Se recomandă acest tip de structură pentru clădiri înalte, cu un număr relativ mare de niveluri, pentru a se evita dificultăţile de menţinere în poziţia de montaj a stîlpilor prefabricaţi pînă la realizarea îmbinărilor, care necesită un sistem de toleranţe la montaj foarte sever.

Realizarea stîlpilor de cadru în două etape reprezintă o structură interesantă, în prima etapă avînd loc confecţionarea lor industrială sub formă de tuburi prefabricate (cu secţiune dreptunghiulară sau circulară), de înălţimea unui etaj, care constituie de fapt un cofraj de beton armat. A doua etapă cuprinde montarea pe şantier a cofrajului de stîlp, tubul, introducerea carcasei de armătură în tub şi turnarea betonului. La partea superioară a stîlpilor se prevăd chertări pentru montajul grinzilor prefabricate (fig. 18.9). Acest tip de structură are ca avantaje : eliminarea practic completă a cofrajelor şi eşafodajelor, realizarea relativ simplă a nodurilor de cadru, viteză ridicată de execuţie şi grad ridicat de adaptabilitate. Se obţin însă dimensiuni exterioare relativ mari ale secţiunii stîlpilor, mai ales la clădiri cu număr mare de niveluri.

Ca rigle ale cadrelor se folosesc prefabricate pe ambele direcţii, transversală şi longitudinală sau numai pe o direcţie, cînd se recomandă prefabricarea acelor rigle pe care reazemă elementele de planşeu, iar riglele monolite se betonează odată cu monolitizările şi eventual cu suprabetonarea planşeului. Ca secţiuni de rigle se pot folosi : secţiuni dreptunghiulare, T, T întors sau I ; ultimele se întîlnesc, mai rar, în cazul clădirilor civile, depinzînd în special de structura şi modul de rezemare al planşeelor.

Se pot folosi şi cadre cu prefabricarea parţială a riglelor, cînd acestea avînd deschidere mare ar fi prea grele faţă de capacitatea macaralei. În acest caz, grinzile prefabricate au secţiunea în formă de *U* şi servesc drept cofraj pentru betonarea miezului odată cu monolitizarea planşeului. Această soluţie este indicată şi în cazul folosirii precomprimării cu cable post-întinse.

Destul de rar, în anumite situaţii speciale se folosesc la clădiri civile cadre cu stîlpi prefabricaţi şi planşee integral sau parţial monolite, ca de exemplu, în cazul clădirilor cu deschideri mari, la care greutatea mare a riglelor prefabricate creează dificultăţi la montaj sau a clădirilor cu parter neregulat, cu o varietate mare, neeconomică de tipuri de prefabricate.

Ca planşee pentru structurile cu cadre prefabricate se folosesc prefabricate sub formă de fîşii cu goluri rotunde sau ovale, panouri mari pline sau cu goluri, predale, iar la unele clădiri social-culturale se folosesc chesoane, elemente *T* sau π care necesită de cele mai multe ori mascarea cu un tavan suspendat.

Asigurarea funcţiei de şaibă-diafragmă rigidă, necesară pentru preluarea şi transportul acţiunilor orizontale, se realizează la unele planşee prefabricate printr-o suprabetonare generală. În figura 18.10 se prezintă două moduri de rezemare a planşeelor pe riglele prefabricate, deasupra sau pe înălţimea riglelor, cu avantaje şi dezavantaje inversate, pentru primul mod de rezemare rezultînd ca avantaje : forma favorabilă a secţiunii riglei, posibilitatea de realizare uşoară a continuităţii pe reazeme şi ca dezavantaj : înălţime totală de construcţie mai mare pentru planşeu.

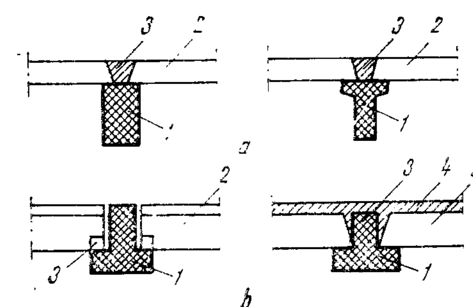


Fig. 18.10. Rezemarea planşeelor pe rigiele prefabricate ale cadrelor:
a — deasupra riglelor; *b* — pe înălţimea riglelor; *1* — riglă prefabricată; *2* — element prefabricat de planşeu; *3* — monolitizare umedă sau uscată; *4* — suprabetonare.

Îmbinările prefabricatelor şi realizarea nodurilor de cadru pentru structurile multietajate în cadre prefabricate trebuie concepute, calculate şi alcătuite constructiv cu toată atenţia, căci determină comportarea mecanică a întregii structuri.

18.3. COMPORTAREA LA ACŢIUNI VERTICALE ŞI ORIZONTALE A STRUCTURILOR DIN CADRE. MECANISMUL DE LUCRU ŞI TRANSPORTUL FORŢELOR VERTICALE ŞI ORIZONTALE

Suprastructura (v. fig. 18.1) are rolul principal de a asigura transportul încărcărilor gravitaţionale (permanente şi temporare) combinate cu forţele orizontale (vînt, seisme) sau extraordinare (explozii) pînă la nivelul infrastructurii. Se ştie că acţiunile orizontale vîntul şi cutremurele sînt încărcări dinamice şi aleatorii care pot fi înlocuite, pentru simplificarea calculului, cu forţe statice echivalente.

Cadrele cu noduri rigide sînt folosite eficient în prezent la structuri cu 15. . .20 niveluri din cauza dificultăţilor de preluare a încărcărilor verticale şi orizontale, care se accentuează odată cu mărirea deschiderii riglelor şi îndeosebi cu creşterea numărului de etaje, care conduc la mărirea rapidă a valorii eforturilor şi deci la dimensiuni excesive, neraţionale pentru elementele structurii, mai ales pentru stîlpi. Se apreciază că limita maximă actuală pentru structurile din betoane cu mărci curent utilizate poate fi de circa 30 etaje, cînd se ajunge deja la dimensiuni excesive de stîlpi (1,00 $\times$ 1,20 m), în raport cu aria aferentă (5 $\times$ 6 = 30 m²). Odată cu folosirea betoanelor de înaltă rezistenţă, înălţimea construcţiilor cu structuri în cadre din beton armat va putea spori la 40. . .50 niveluri.

Obţinerea rezistenţei şi rigidităţii necesare construcţiilor multietajate împotriva acţiunilor orizontale se realizează de obicei cu trei tipuri de structuri : cadre, diafragme şi tuburi (fig. 18.11), lucrînd separat sau împreună. Odată cu creşterea înălţimii construcţiilor, criteriul de rigiditate la forţe orizontale este mai

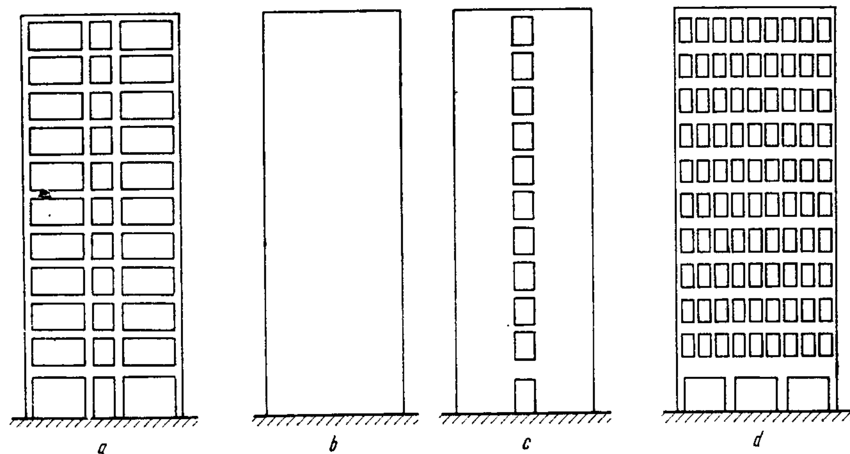


Fig. 18.11. Tipuri de structuri rezistente la acţiuni orizontale, folosite la construcţii civile :

a – cadre; b – diafragme pline; c – diafragme cu un şir de goluri; d – tub central şi cadre perimetrale.

hotăritor decît însăşi criteriile de rezistenţă, ceea ce conduce la o importantă creştere de consum de materiale, mai ales de oţel-beton în cazul structurilor în cadre tradiţionale (fig. 18.12) şi justifică astfel folosirea noilor structuri de beton armat (diafragme, mixte, tuburi etc.).

Criteriul de rigiditate laterală a structurilor multietajate şi înalte asigură condiţiile normale de exploatare a clădirilor sub acţiunea forţelor orizontale, cum sînt : evitarea deteriorării elementelor de compartimentare şi închidere, a instalaţiilor şi finisajelor, ca şi a senzaţiei neplăcute rezultată din perceperea oscilaţiilor construcţiei.

Structurile în cadre sînt flexibile şi suportă astfel cu uşurinţă efectele eventualelor tasări inegale ale terenului de fundaţie, astfel că elementele structurale prezintă o fisurare mult mai redusă decît structurile rigide cu diafragme, în condiţii similare în ceea ce priveşte terenul de fundare.

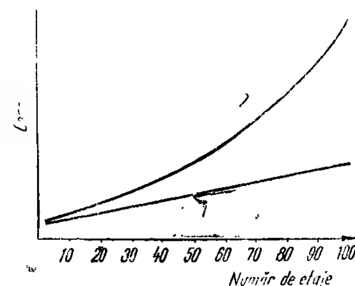


Fig. 18.12. Variaţia consumului de oţel-beton cu înălţimea construcţiei la structuri în cadre din beton armat :

1 – solicitate numai la încărcări verticale; 2 – solicitate la încărcări verticale şi orizontale.

18.3.1. COMPORTAREA CADRELOR LA ACŢIUNI VERTICALE

Transportul încărcărilor verticale de la planşee pînă la fundaţii se face pe căi deosebite la structurile cu pereţi portanţi faţă de structurile cu schelet, astfel (fig. 18.13) [30] :

– la structurile cu pereţi portanţi transmiterea încărcărilor verticale se face pe o cale directă prin solicitarea la compresiune excentrică a pereţilor portanţi ;

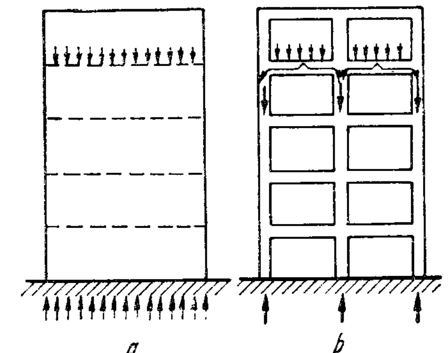


Fig. 18.13. Schemă principială pentru transportul încărcărilor verticale, gravitaţionale :

a – la structurile cu pereţi portanţi; b – la structurile cu cadre.

– la structurile în cadre, această transmitere se face pe cale indirectă prin solicitarea predominantă la încovoiere a riglelor şi la compresiune excentrică a stîlpilor.

În general, reţeaua de grinzi a planşeelor se încarcă prin intermediul plăcilor de planşeu (armate după una sau două direcţii) aproximativ după regula ariilor aferente, care conduce de obicei la cele patru tipuri de încărcări curent întîlnite (fig. 18.14). Întreaga încărcare gravitaţională ($g + p = q$) poate fi considerată în prezent pentru clădirile administrative, birouri, hoteluri, locuinţe etc. cu materialele actuale folosite pentru structurile de beton armat şi pentru pereţii despărţitori egală cu 1,1...1,5 kN/m^2 [26].

Determinarea momentelor din riglele şi stîlpii cadrelor se poate face aproximativ pentru predimensionări sau exact folosind metodele staticii construcţiilor pentru structurile static nedeterminate.

18.3.1.1. **Calculul aproximativ al cadrelor la încărcări verticale.** În proiectarea curentă există diverse metode aproximative care stabilesc momentele în riglele şi stîlpii cadrelor pentru calcule de ***predimensionare*** a structurilor.

Una din metodele des utilizate în care momentele pe stîlpi se stabilesc proporţional cu rigiditatea lor, în funcţie de momentele din rigle, indică următoarea succesiune a operaţiunilor [26] :

– se determină încărcările uniform distribuite echivalente pe rigle, q_{ech}, ţinînd seama de schemele de încărcare din figura 18.14 ;

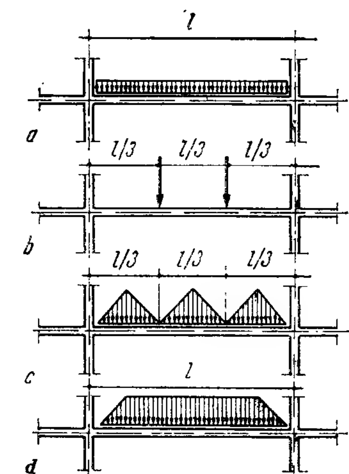


Fig. 18.14. Tipuri de încărcări verticale pentru grinzile de cadru după regula ariilor aferente :

a – încărcare uniform distribuită din greutatea proprie a grinzii sau din pereţii despărţitori amplasaţi pe grindă; b – încărcări concentrate din reacţiunile eventualelor grinzi secundare care necesită reconsiderarea ariilor aferente; c – încărcări triunghiulare, în cazul plăcilor pătrate sau pe latura scurtă a plăcilor dreptunghiulare; d – încărcări trapezoidale de pe latura scurtă a plăcilor dreptunghiulare.

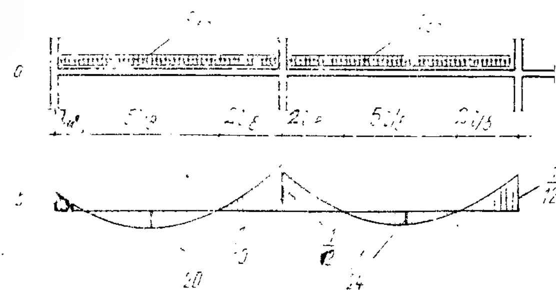


Fig. 18.15. Schema de calcul a valorilor momentelor pe rigla cadrului :

a — schema de încărcare ; b — diagrama de momente.

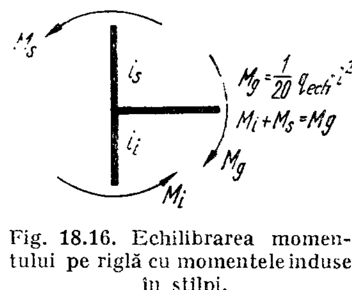


Fig. 18.16. Echilibrarea momentului pe riglă cu momentele induse în stîlpi.

— pentru cadrele cu deschideri egale se consideră că punctele de moment nul sînt situate la sferturile deschiderilor pentru nodurile centrale şi la optimile deschiderilor pentru nodurile marginale (fig. 18.15, *a*) ;

— valorile momentelor pe rigle se iau cele din figura 18.5, *b* multiplicate cu factorul de încărcare $q_{ech}\, l^2$;

— valorile momentelor din stîlpii centrali se consideră nule ;

— valorile momentelor din stîlpii marginali se determină prin distribuirea momentului $q_{ech}\, l^2/20$ la cei doi stîlpi, proporţional cu rigiditatea lor liniară (fig. 18.16) :

$$M_s = \frac{i_s}{i_s + i_i}\,\frac{q_{ech}\, l^2}{20}\ ;\quad M_i = \frac{i_i}{i_s + i_i}\,\frac{q_{ech}\, l^2}{20}, \tag{18.1}$$

unde :

$$i_s = \frac{I_s}{l_s}\ \text{şi}\ i_i = \frac{I_i}{l_i}\ ; \tag{18.2}$$

— cînd grinzile cadrului pe direcţia transversală sînt inegale, momentele din grinda centrală cu deschidere mică se determină considerînd grinda centrală incastrată şi încărcată cu momentele exterioare ale riglelor din cîmpurile adiacente (fig. 18.17, *a*) iar diferenţa de momente a grinzii marginale şi centrale în nod se echilibrează prin momente în stîlpi, proporţional cu rigidităţile lor (fig. 18.17, *b*).

Normele germane (DIN — 1 045, punctul 28) indică următoarea metodă de calcul aproximativ a cadrelor solicitate la încărcări verticale :

— stîlpii interiori se consideră solicitaţi numai la compresiune, neglijîndu-se acţiunea de cadru ;

— stîlpii de margine se consideră ca stîlpi de cadru ;

— momentul la capătul riglei marginale (fig. 18.18) se calculează cu relaţia :

$$M_3 = M_2\,\frac{C_s + C_i}{1 + C_s + C_i}, \tag{18.3}$$

unde M_2 este momentul pe reazem al grinzii încastrate ;

$$C_s = \frac{l}{h_s}\,\frac{I_s}{I_r} = \frac{i_s}{i_r}\ ; \tag{18.4}$$

$$C_i = \frac{l}{h_i}\,\frac{I_i}{I_r} = \frac{i_i}{i_r}\ ; \tag{18.5}$$

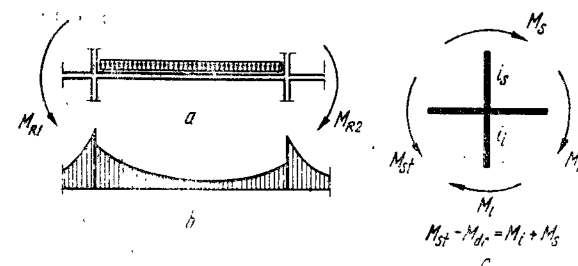


Fig. 18.17. Stabilirea momentelor pe grinda centrală mai mică la cadre cu deschideri inegale :

a — schema de încărcare a grinzii centrale ; b — diagrama de momente pe grinda centrală ; c — stabilirea momentelor în stîlpi prin echilibrarea nodului.

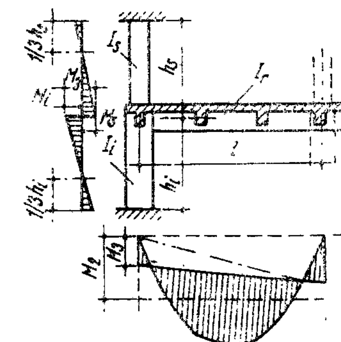


Fig. 18.18. Evaluarea pentru predimensionare a momentelor în rigla şi stîlpii cadrului, în deschiderea marginală (după DIN — 1 045).

I_r este momentul de inerţie al grinzii cadrului ;

l — lungimea grinzii de margine ;

I_s, I_i — momentele de inerţie ale stîlpilor, superior şi inferior ;

h_s, h_i — lungimile stîlpilor, superior şi inferior ;

— momentul la capătul superior al stîlpului inferior se calculează cu relaţia :

$$M_i = M_3\,\frac{C_i}{1 + C_s + C_i}\ ; \tag{18.6}$$

— momentul la capătul inferior al stîlpului superior se calculează cu relaţia :

$$M_s = -\,M_3\,\frac{C_s}{1 + C_s + C_i}. \tag{18.7}$$

18.3.1.2. **Calculul exact al cadrelor la încărcări verticale.** Determinarea exactă a eforturilor secţionale din grinzi (M, T) şi stîlpi (M, N) se face prin metodele staticii construcţiilor pentru structurile static nedeterminate : metoda eforturilor, metoda deplasărilor sau cu ajutorul programelor de calcul.

Metoda deplasărilor în formulare matricială se poate aplica tuturor categoriilor de structuri plane şi spaţiale din bare, ceea ce presupune existenţa unor calculatoare electronice de mare capacitate datorită dimensiunilor mari ale matricei de rigiditate. Pentru a face posibilă utilizarea unor calculatoare electronice de capacitate medie este indicată rezolvarea structurii pe substructuri plane sau spaţiale. În particular, dacă structura este dezvoltată pe o singură direcţie, cum este cazul structurilor înalte, matricea de rigiditate capătă forma particulară a matricei cvasidiagonală sau matricei bandă, iar rezolvarea structurii se reduce la rezolvarea pe cale recursivă a unui sistem de n ecuaţii (n = număr de niveluri) cu 3 necunoscute. Acest procedeu prezintă avantajul că timpul necesar pentru rezolvarea pe cale recursivă a sistemului de ecuaţii creşte liniar cu numărul de etaje, spre deosebire de timpul necesar inversării matricei de rigiditate, care este proporţional cu cubul dimensiunii acestei matrice.

Formele iterative ale metodei deplasărilor folosite la determinarea momentelor în stîlpii și riglele cadrelor sînt :

— *metoda Csonka*, în care convergența crește la structurile cu stîlpii mai rigizi ca riglele, dar complică schema de calcul ;

— *metoda Haller-Kranl*, în care se lucrează separat cu cele două categorii de necunoscute ale metodei deplasărilor, deci rezultă necesitatea de a folosi două variante ale sistemului de bază geometric nedeterminat (noduri blocate, grade de libertate blocate), aplicate alternativ. Convergența este cu atît mai bună cu cît riglele cadrului sînt mai rigide în raport cu stîlpii. În general, convergența este mai slabă, dar poate fi îmbunătățită dacă se introduc, ca faze intermediare, distorsiuni ; eficiența fazei intermediare se manifestă, în special, la primele cicluri de calcul ;

— *metoda Cross*, care în cazul structurilor înalte conduce la rezolvarea, în treapta a II-a, a unui sistem de n ecuații cu n necunoscute, stabilit de condițiile de echilibru static (ecuații de grade de libertate).

18.3.2. COMPORTAREA CADRELOR LA ACȚIUNI ORIZONTALE

Acțiunile orizontale (vînt, seisme etc.) se consideră în mod schematic că sînt aplicate la nivelul planșeelor. Ca și în cazul încărcărilor verticale, scurgerea sau transmiterea celor orizontale se face, în general, pe același drum : suprastructură, infrastructură și în continuare la terenul de fundație.

Cadrele supuse la acțiuni orizontale prezintă un mod general de deformație prin forfecare, deplasarea relativă de nivel fiind în primul rînd dependentă (proporțională) cu forța tăietoare de nivel.

În figura 18.19 se prezintă modurile caracteristice de deformare laterală de ansamblu, sub acțiunea forțelor orizontale, prin forfecare sau încovoiere a structurilor predominant încovoiate (diafragme) sau forfecate (cadre).

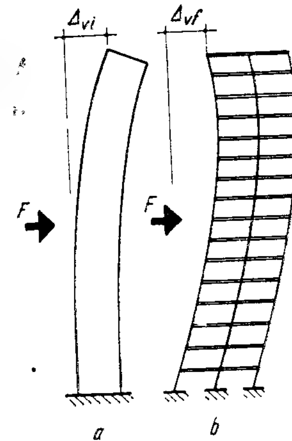


Fig. 18.19. Deformarea structurilor supuse la încărcări orizontale :

a — diafragme, cu deformare preponderentă la încovoiere ; *b* — cadru cu noduri rigide, cu deformare preponderentă prin forfecare.

Astfel, proiectarea cadrelor la forțe orizontale folosește printre celelalte metode moderne și conceptul de *rigiditate relativă de nivel a etajului*, definită ca raportul dintre forța tăietoare de etaj T_i, considerată în kN și deplasarea relativă pe înălțimea etajului, Δ_i, luată în cm :

$$R_i = \frac{T_i}{\Delta_i} \ [\text{kN/cm}] \qquad (18.8)$$

Conceptul de rigiditate relativă de nivel, introdus încă din 1922 în Japonia de N a i t o și M u t o, a fost folosit în țara noastră și generalizat din punct de vedere teoretic de către cons. ing. Em. Ț i ț a r u, prof. ing. A. C i ș m i g i u [26] și de prof. dr. ing. M. I f r i m (60).

Cadrele cu noduri rigide pot prelua în totalitate acțiunile orizontale din vînt sau cutremure, manifestînd o bună comportare seismică, datorată mai ales ductilității lor sporite, care trebuie însă realizată prin detalieri constructive adecvate. Totodată, cadrele sînt supuse la încărcări seismice mai reduse în comparație cu

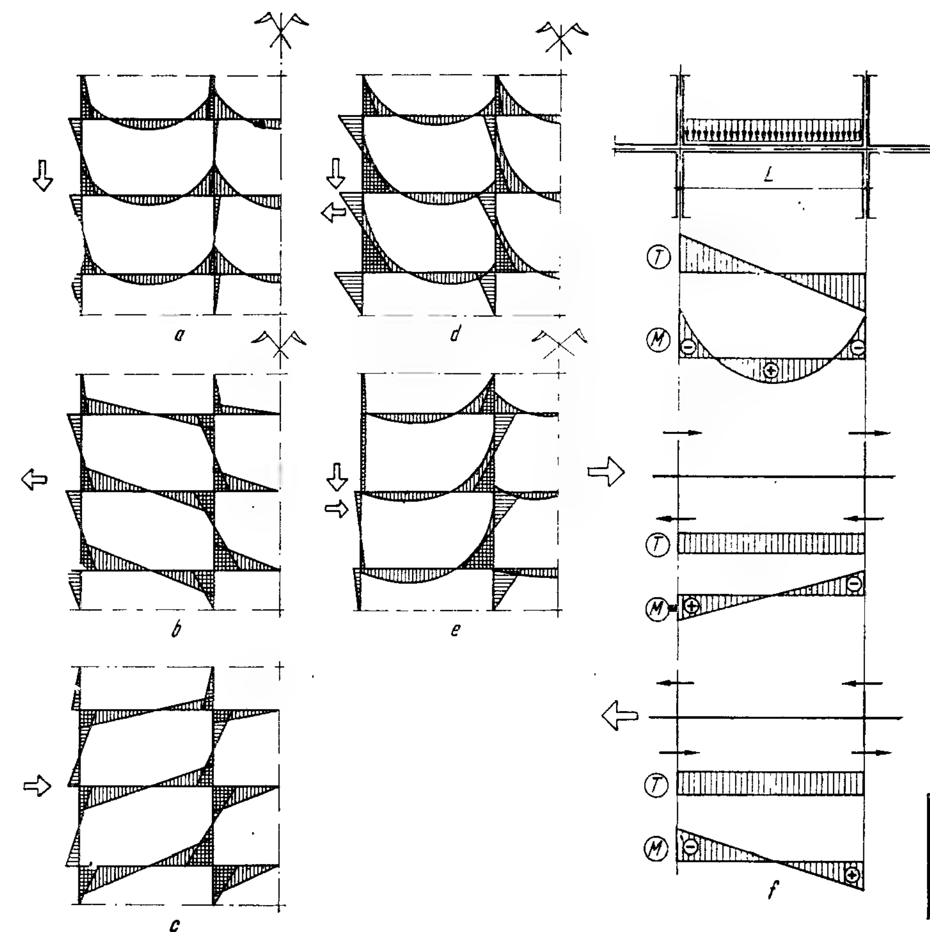


Fig. 18.20. Starea de eforturi în stîlpii și riglele cadrelor cu noduri rigide :

a — diagrama de momente pe cadru din încărcările verticale ; *b* — diagrama de momente pe cadru din încărcarea orizontală acționînd spre stînga ; *c* — diagrama de momente pe cadru din încărcarea orizontală acționînd spre dreapta ; *d* — diagrama de momente cumulate *a* + *b* ; *e* — diagrama de momente cumulate *a* + *c* ; *f* — diagramele de forțe tăietoare și momente pe rigle sub acțiunea încărcărilor verticale și orizontale.

structurile rigide din diafragme situate pe același amplasament, deoarece au deformabilitate și flexibilitate mai mare.

Nodurile cadrelor sînt puternic solicitate din acțiunile orizontale și verticale (fig. 18.20), astfel că rezistența îmbinărilor stîlpilor și riglelor în nodurile cadrului, în zona cărora se dezvoltă cele mai mari eforturi, condiționează buna comportare a structurilor în cadre [26].

Determinarea aproximativă a eforturilor secționale în rigle (M, T) și stîlpi (M, N) se face considerînd acțiunile orizontale aplicate la nivelul planșeelor, astfel încît forța tăietoare este constantă pe înălțimea unui etaj (nivel) iar variația momentului este liniară și asemănătoare cu diagrama momentelor unui stîlp încastrat la ambele capete și deplasat relativ cu Δ (fig. 18.21). Calculul de *predimensionare*, simplificat, al eforturilor secționale din stîlpii și riglele cadrului se poate conduce admițînd că punctul de moment nul este la jumătatea înălțimii etajului.

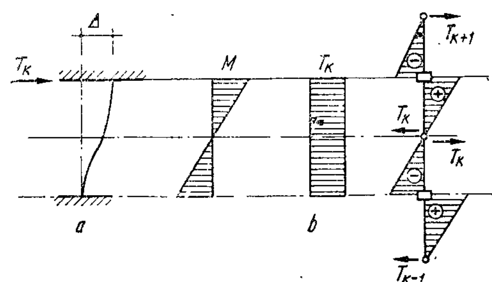


Fig. 18.21. Diagrama de momente pe un stîlp sub acțiunea forțelor orizontale aplicate la nivelul planșeelor :

a – stîlp încastrat la ambele capete și supus la o deplasare relativă Δ ; *b* – diagrama de momente în stîlpul *k* de la etajul *i*, considerind forța tăietoare constantă pe înălțimea nivelului și punctul de moment nul situat la jumătatea etajului.

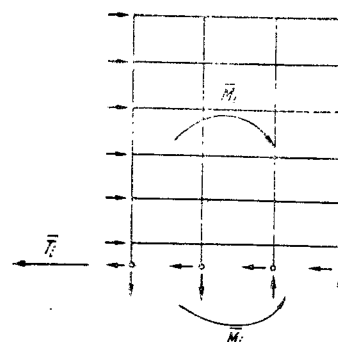


Fig. 18.22. Schema de principiu a echilibrării momentului de răsturnare al cadrelor sub acțiunea încărcărilor orizontale.

Forțele orizontale dau naștere unui moment de răsturnare în orice secțiune, care se echilibrează prin *acțiunea indirectă* a eforturilor axiale din stîlpi reprezentată în figura 18.22, în care se prezintă un cadru secționat orizontal în dreptul punctelor de anulare a momentelor ; se deduce că pentru echilibrarea momentului de răsturnare dat de forțele orizontale, M_i, se dezvoltă în stîlpii cadrului de la etajul *i* un ansamblu de eforturi axiale, al căror tensor se reduce la un cuplu de moment, egal și de semn contrar cu momentul de răsturnare. În figura 18.23 se arată modul de echilibrare a momentului de răsturnare la baza structurii, din care se observă că momentul de echilibrare (stabilitate), M_0, în cazul stîlpilor încastrați în fundație este reprezentat de cuplul eforturilor axiale din stîlpii articulați, la care se adaugă suma momentelor de încastrare în fundație $\left(T_0 \frac{h}{2}\right)$ [26].

Un calcul mai exact al structurilor în cadre supuse la acțiuni orizontale se poate face folosind [60] :

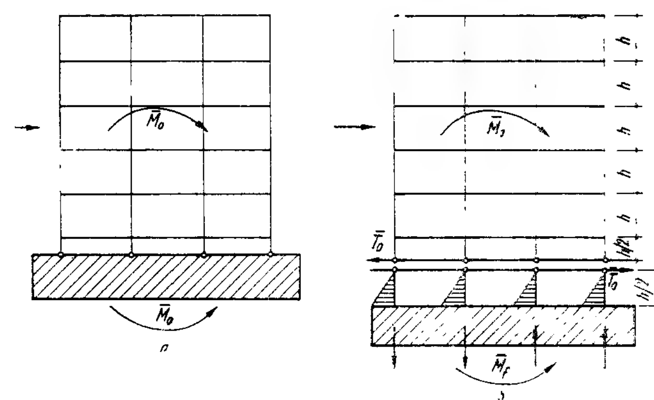


Fig. 18.23. Echilibrarea momentului de răsturnare al cadrelor produs de încărcările orizontale cu momentul de stabilitate :

a – cu stîlpi articulați în fundație ; *b* – cu stîlpi încastrați în fundație.

— *metoda deplasărilor în formulare matricială*, în care se elimină necunoscutele pe direcția coordonatelor după care nu acționează încărcări (deplasări pe verticală și rotiri) ;

— *metoda localizării directe a poziției punctelor de inflexiune*, care se aplică în cazurile în care momentele provenite din forțele laterale nu depășesc procentual 35% din momentele ce rezultă din acțiunea încărcărilor gravitaționale. În această metodă se consideră că datorită unor acțiuni laterale aplicate în noduri, un cadru se deformează de așa manieră încît fibra medie va prezenta puncte de inflexiune pe lungimea fiecărui stîlp și în deschiderea fiecărei rigle. În general, prin aplicarea acestei metode rezultă întotdeauna în stîlpii marginali momente încovoietoare mai mari, iar în cei interiori momente încovoietoare mai mici, față de un calcul condus printr-o metodă exactă ;

— *metoda stabilirii prin calcul a poziției punctelor de inflexiune*, care este cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de *metoda A I J* (Arhitectural Institute of Japan) și se bazează pe cercetările efectuate de K. M u t o. Localizarea punctelor de inflexiune se face în funcție de rigiditățile elementelor (stîlpi și grinzi), care caracterizează deformabilitatea unui anumit etaj ;

— *metoda factorului* a fost stabilită de J.B. W i l b u r și este specifică calculului cadrelor multietajate solicitate de forțe orizontale aplicate în noduri. Această metodă poate fi considerată o variantă aproximativă a metodei generale a deplasărilor, care permite determinarea directă a momentelor încovoietoare din stîlpii unui cadru în funcție de momentele de etaj.

Eforturile axiale în stîlpi din *acțiunea indirectă*, N_o, se adaugă la eforturile axiale din acțiunea gravitațională, rezultînd efortul total :

$$N_t = N_g \pm N_o ; \tag{18.9}$$

semnul ± indică acțiunea forțelor orizontale din ambele sensuri în cazul încărcării seismice. În aceste condiții, stîlpii cadrului se încarcă și se descarcă alternativ în cazul unui cutremur și de aceea rigiditatea elementelor verticale trebuie proiectată corect și cu atenție pentru a evita ca stîlpii, care sînt solicitați de forțe axiale mari din acțiunea indirectă, să lucreze ca tiranți ($N_o > N_g$) sau să se supraîncarce la compresiune peste limita admisă.

La clădirile de locuit și la unele clădiri social-culturale se folosesc planșee dală, care prezintă o serie de avantaje : tavan neted, cofrare ușoară. Planșeele ciupercă, care sînt de asemenea planșee fără grinzi, avînd numai capiteluri în dreptul stîlpilor, se folosesc numai la unele clădiri social-culturale, cu spații largi și înalte, de exemplu la foaierele sălilor de spectacole unde există posibilitatea tratării capitelurilor cu elemente decorative. În cadrul utilizării structurii cu stîlpi și planșee dală groasă, se recomandă prevederea în proiecte a măsurilor care să asigure buna comportare a structurii la forțe orizontale. Aceste planșee fiind lipsite de rigle și de noduri rigide de cadru, necesită elemente structurale speciale de contravîntuire : contravîntuiri din bare-grinzi cu zăbrele verticale ; cadre cu noduri rigide de contravîntuire ; pereți de contravîntuire ; structuri mixte cu diafragme sau nuclee rigide etc. (fig. 18.24), [41]. După cum se știe, contravîntuirile sînt elemente structurale care au funcția principală de transmitere a forțelor orizontale (vînt, seisme) la terenul de fundație.

Cu ajutorul contravîntuirilor (stîlpi, cadre etc.) se limitează deplasarea la vîrful structurii la 1/500... 1/1 000 din înălțimea de deasupra fundației, funcția principală a oricărei contravîntuiri constînd în reducerea și limitarea pînă la valoarea admisă a deplasărilor structurii.

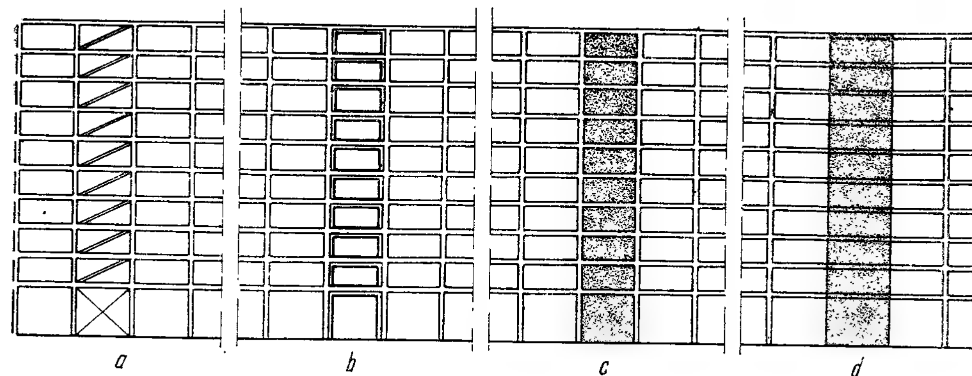


Fig. 18.24. Scheme de contravîntuire la structuri cu stîlpi și planșee dală :
a – contravîntuire cu bare ; b – cadre cu noduri rigide ; c – pereți de contravîntuire ; d – contravîntuire cu diafragme.

În figura 18.25 se prezintă schematic și comparativ eforturile principale dezvoltate în diafragme sub acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale : forțe axiale, moment de răsturnare, moment încovoietor și forțe tăietoare [41].

Presiunea dinamică dată de vînt sporește odată cu înălțimea iar acțiunea forțelor orizontale a vîntului devine preponderentă față de cea a forțelor gravitaționale. Forțele orizontale solicită structura cu diafragme (fig. 18.26) ca pe o consolă încărcată cu forțe laterale [41] . Pentru structuri prea zvelte, cu înălțime mare față de lățime, se folosesc sisteme suplimentare sau integrale de transmitere a forțelor laterale (fig. 18.27) [41]. În general, structurile cu pereți portanți (de zidărie, panouri mari, fișii prefabricate, diafragme de beton armat monolit) se comportă la acțiuni laterale ca structuri încovoiate, în timp ce structurile în cadre, ca structuri forfecate.

La structurile în cadre se pot folosi și planșee mixte, cu predală prefabricată și completată prin turnare de beton monolit, chiar pentru rețele de stîlpi cu dimensiuni mari (fig. 18.28) [108].

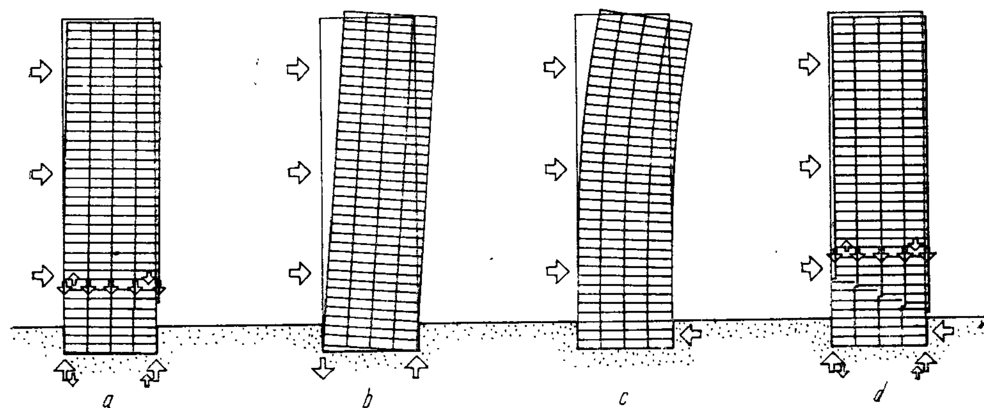


Fig. 18.25. Eforturi și moduri de deformare pentru structuri încovoiate supuse la acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale :
a – forțe axiale de compresiune ; b – moment de răsturnare ; c – moment încovoietor ; d – forță tăietoare.

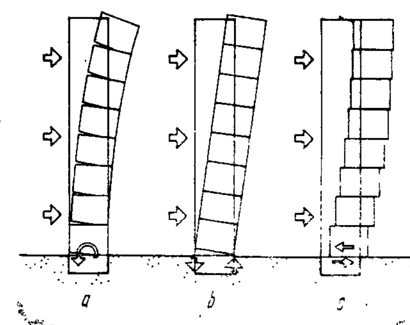


Fig. 18.26. Solicitări în diafragme, provenind din încărcări orizontale :
a – moment încovoietor ; b – moment de răsturnare ; c – forță tăietoare.

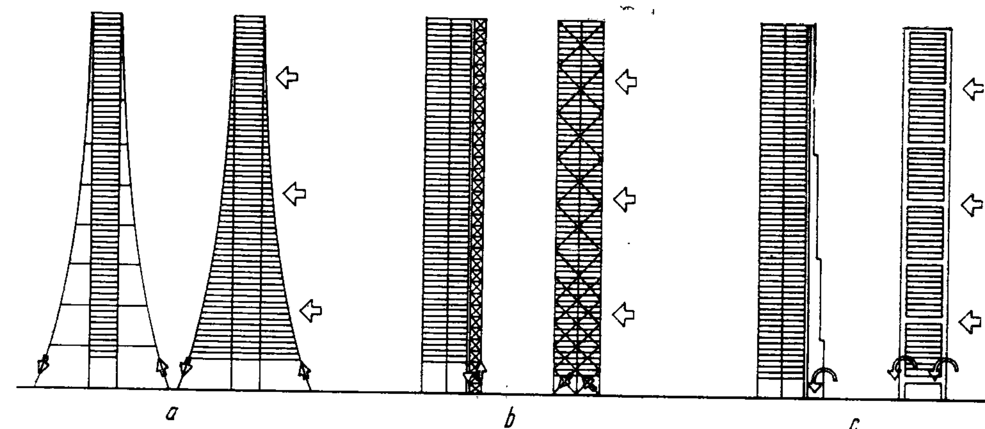


Fig. 18.27. Sisteme suplimentare și integrale de transmitere a forțelor orizontale :
a – cu cabluri ; b – cu grinzi cu zăbrele verticale ; c – cu contraforți sau rigidizări puternice amplasate marginal.

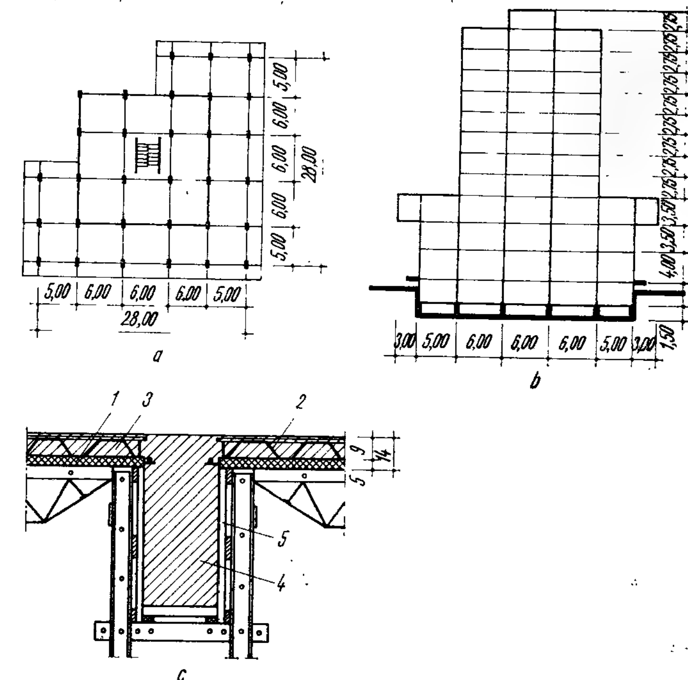


Fig. 18.28. Structură în cadre cu planșee predală, proiectată de ICPROM – Iași :
a – plan dispoziție stîlpi ; b – secțiune verticală ; c – detaliu de planșeu cu predală prefabricată din beton armat ; 1 – predală ; 2 – ferma de rigidizare a predalei ; 3 – placă de beton armat turnată monolit (suprabetonarea predalei) ; 4 – rigla monolită a cadrului ; 5 – cofraj.

18.3.3. COMPORTAREA STRUCTURILOR ÎN CADRE LA ACȚIUNEA CONCOMITENTĂ A FORȚELOR GRAVITAȚIONALE ȘI ORIZONTALE

Toate acțiunile gravitaționale sau laterale, aplicate unei structuri la diferite niveluri, trebuie să se transmită pe același drum : structură→infrastructură→ →terenul de fundație.

Într-o secțiune oarecare a unei structuri elastice se dezvoltă în ansamblu, din acțiunea simultană a forțelor gravitaționale și laterale, următoarele *eforturi globale*, care solicită elementele componente ale structurii (fig. 18.29) :

— efortul normal global, N, care reprezintă suma forțelor gravitaționale de la vîrful clădirii pînă la secțiunea considerată ;

— momentul încovoietor global, M, al forțelor orizontale, aplicate de la vîrful structurii pînă în secțiunea considerată. Momentul de răsturnare al forțelor laterale considerat la parterul clădirii reprezintă efectul global de răsturnare al întregii clădiri, denumit în limba engleză *overturning moment* ; se poate calcula de asemenea, un moment de răsturnare în raport cu baza clădirii, M_f, la nivelul contactului teren — structură ;

— forța tăietoare globală, T, care reprezintă suma forțelor orizontale, cumulate de la vîrful clădirii pînă la secțiunea considerată și care foarfecă clădirea pe ansamblu. Grupul de eforturi secționale M și T reprezintă încovoiere simplă, adică efectul global al încovoierii cu forța tăietoare ;

— momentul de răsucire global, M_r, care are expresia : $M_r = Te$, unde e este excentricitatea forței tăietoare (forța laterală totală). Acest moment de torsinne (răsucire) apare atunci cînd planșeul reprezintă un element structural capabil de a transmite și repartiza eforturile din încărcările orizontale, existînd între elementele sale componente suficiente legături pentru a asigura conlucrarea spațială și modul său de lucru ca o diafragmă orizontală, rigidă, indeformabilă, capabilă să transmită efectele de torsiune generală. În aces caz, aceste efecte sînt produse, în general, de excentricitatea centrului maselor față de centrul de rigiditate, ca și de oscilațiile de torsiune provocate de caracterul nesincron al mișcării seismice în diferitele puncte de legătură dintre construcție și teren.

Centrul de rigiditate sau *centrul de rotație* al ansamblului format din totalitatea elementelor verticale de rezistență este centrul de greutate al rigidităților acelor elemente forfecate de forța laterală totală (denumit și centrul intrinsec al secțiunii de la un nivel oarecare al structurii). În calculele *simplificate* la acțiunea încărcărilor seismice, efectele de torsiune se apreciază prin alegerea la fiecare

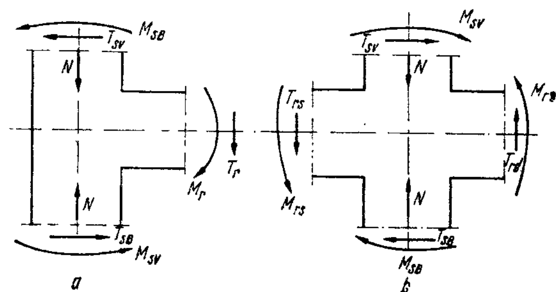


Fig. 18.29. Eforturi globale în structură sub acțiunea forțelor gravitaționale și orizontale :

a — într-un nod marginal ; *b* — într-un nod central.

nivel a punctului de aplicație al rezultantei încărcărilor seismice, situate față de centrul de rigiditate la o distanță (fig. 18.30) :

$$e = e_1 + e_2, \qquad (18.10)$$

unde e_1 este excentricitatea maselor față de centrul de rigiditate ;

e_2 = 0,05 B, pentru construcții de tip curent ;

e_2 = 0,075 B, pentru construcții cu o distribuție în plan a elementelor de rezistență deformabilă din punctul de vedere al preluării torsiunii de ansamblu (structuri cu diafragme de rigiditate avînd pereți de capăt slăbiți, structuri cu nucleu central de rigiditate etc.) ;

B — dimensiunea maximă a construcției măsurată pe secțiunea considerată perpendicular pe direcția de acțiune a încărcării seismice.

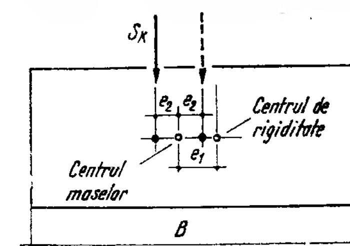


Fig. 18.30. Determinarea excentricității rezultantei forței laterale totale.

Problema torsiunii capătă o importanță deosebită în cazul cînd structura prezintă nesimetrie geometrică sau mecanică și are dimensiuni mari, iar asigurarea indeformabilității planșeului ca șaibă rigidă necesită o atenție deosebită pentru simetria structurii, stabilirea de măsuri constructive și efectuarea de verificări speciale de rezistență și stabilitate.

În figura 18.31 se prezintă o structură în cadre cu rețea de stîlpi la distanțe mari și nesimetrică, la care alcătuirea nodului și planșeului necesită măsuri speciale de rigidizare. Stîlpii monoliți se execută în două etape, miezul fiind turnat într-o coajă de beton armat ; grinzile sînt prefabricate iar planșeul este realizat dintr-o predală suprabetonată.

Pentru clădiri înalte, multietajate sau acoperișuri de deschideri mari, se folosesc în țara noastră și structuri din *beton armat cu armătură rigidă* (profiluri metalice). Astfel a fost realizat corpul central al Casei Scînteii, parterul magazinului Unic din București și alte construcții la care se remarcă comportarea bună a stîlpilor din beton armat cu armătură rigidă la preluarea acțiunii simultane a eforturilor principale N, M și T.

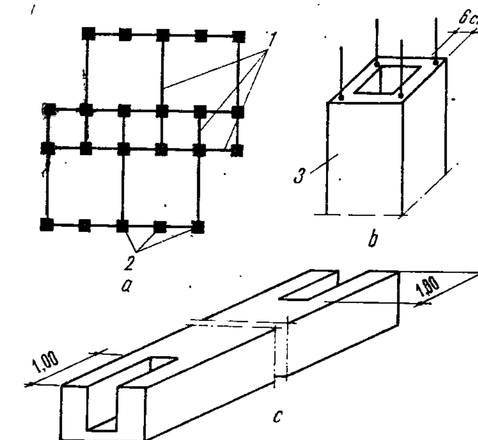


Fig. 18.31. Structură în cadre cu distribuție nesimetrică a stîlpilor și cu deschideri mari :

a — schema dispoziției stîlpilor în plan ; *b* — detaliu de stîlp prefabricat cu gol interior ; *c* — detaliu de grindă prefabricată ; *1* — grinzi ; *2* — stîlpi ; *3* — cofraj prefabricat pentru stîlpi care se realizează în două etape.

18.4. ÎMBINĂRI LA NODURILE CADRELOR DIN BETON ARMAT

Caracteristica principală a structurilor în cadre este că barele care alcătuiesc nodurile respectă condițiile de compatibilitate a deformatei în sensul că :

— barele ce converg într-un nod rigid au rotirile secțiunilor de capăt egale și aceeași translație pe o direcție oarecare ;

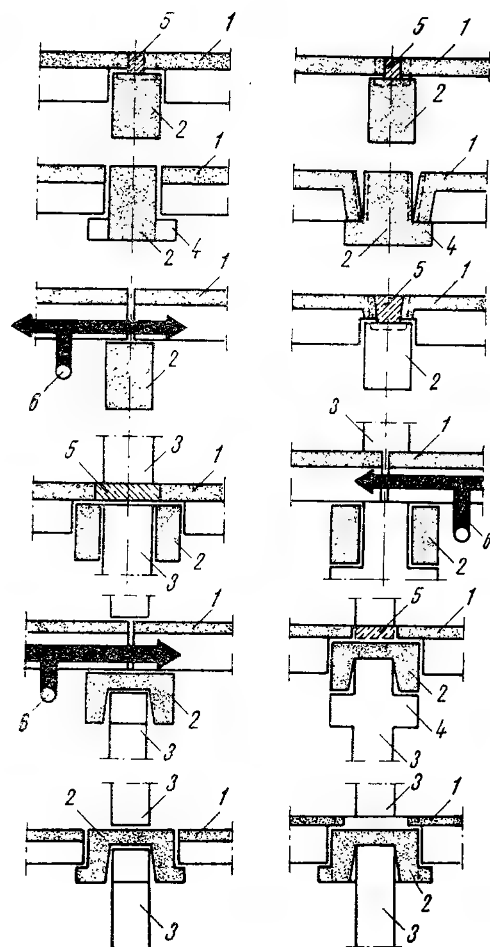


Fig. 18.32. Posibilități de rezemare a planșeelor pe rigle și de montare a unor instalații :
– planșe prefabricat ; 2 – grindă [illegible] – stîlp ; – conso 5 – monolitizare ; 6 – conducte pentru instalații.

— barele ce converg într-un nod articulat au aceeași translație, rotirea relativă între bare fiind liberă.

Elementele prefabricate (stîlpi, rigle, planșee) folosite la structurile în cadre se concep cu respectarea recomandărilor privind alegerea sistemului și tipului de îmbinare, alcătuirea constructivă, transportul și montajul, coordonarea modulară și toleranțele, ca și indicațiile privind concepția, calculul și execuția îmbinărilor : posibilitatea de montare a armăturilor, asigurarea rezemării, preluarea încărcărilor locale pe suprafețele de rezemare și apariția unor forțe de întindere din despicarea betonului (fandaj), prevederea posibilităților de ajustare și centrare și prevederea caracterului special al solicitării din îmbinare (de exemplu, preluarea forțelor tăietoare pe direcție orizontală sau verticală) etc.

Posibilitățile de rezemare a planșeelor pe rigle sînt multiple (fig. 18.32), în unele cazuri creîndu-se rezemări speciale pentru montarea unor instalații.

Îmbinarea elementelor structurale prefabricate (stîlpi, rigle) și realizarea nodului de cadru constituie o problemă esențială și caracteristică structurilor etajate prefabricate, pentru care există numeroase rezolvări, care urmăresc corelația justă între tipul de îmbinare ales și funcționarea sa în ansamblul structurii.

Ca cerințe principale pentru îmbinările structurilor prefabricate se menționează :

— capacitate de preluare și trasmitere a eforturilor din îmbinare ;
— evitarea apariției concentrărilor de eforturi ;
— urmărirea deformatei teoretice a structurii, fără a permite deplasări relative ale elementelor, cu rotiri suficient de mici, admise pentru construcții exploatate în condiții normale ;
— ductilitatea corespunzătoare pentru acțiuni seismice importante ;
— folosirea de prefabricate cu toleranțe normale, cu posibilități eventuale de corectări ale erorilor de execuție, cu centrare și montare ușoară, fără sprijiniri provizorii etc.

Soluțiile adoptate satisfac optim cerințele considerate ca cele mai importante, în funcție de ierarhizarea lor, satisfacerea simultană a tuturor acestor cerințe neputînd fi practic posibilă.

Îmbinările se deosebesc după :
— tipul elementelor ce se asamblează (stîlp-fundație ; stîlpii între ei ; stîlpii cu riglele etc.) ;
— caracteristicile statice ale îmbinării, determinate de schema statică de ansamblu a structurii ;
— tehnologia de execuție a îmbinărilor, corelată cu schema statică luată în considerare și cu gradul de precizie adoptat, îmbinările putînd fi : *umede* (din beton armat turnat monolit), *uscate* (prin sudarea sau bulonarea unor piese metalice) sau *prin precomprimare* [30].

18.4.1. ÎMBINĂRI UMEDE

Îmbinările umede imprimă, în general, un caracter monolit structurilor, dar nu satisfac decît parțial condițiile pe care metoda de execuție prin prefabricare le impune îmbinărilor.

Pentru a evita aglomerarea excesivă a armăturilor în nodurile de cadru, apare avantajoasă executarea monolitizării în două etape sau mutarea îmbinărilor în afara nodurilor. Continuitatea montajului se poate asigura mai greu în acest caz (numai la suprafețe construite foarte mari) deoarece trebuie să se ia în considerare timpul de întărire a betonului turnat monolit în îmbinări, îndeosebi la stîlpi. Reducerea timpului de execuție se poate obține prin folosirea de dispozitive de sprijinire temporară a elementelor prefabricate (mai ales a stîlpilor), precum și prin utilizarea betoanelor cu întărire rapidă.

Înnădirea barelor de armătură din îmbinări nu poate fi executată întotdeauna prin sudură din cauza spațiului adesea foarte restrîns (care face ca unele bare să fie inaccesibile) și a creșterii apreciabile a consumului de manoperă și a timpului de execuție la montaj.

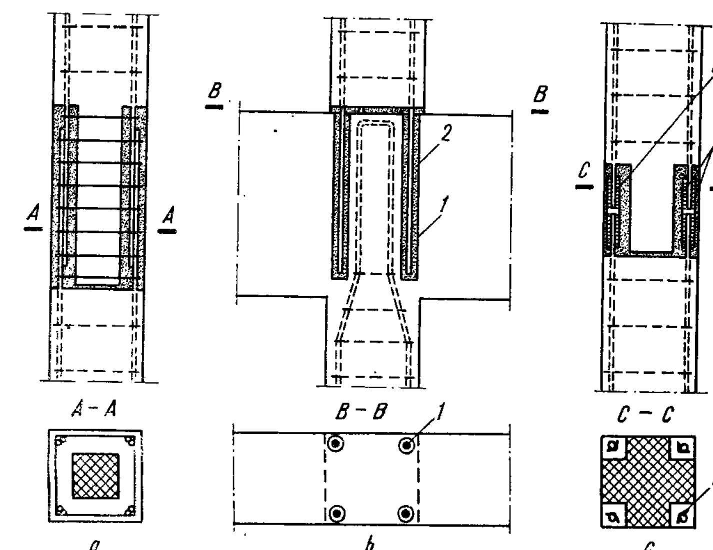


Fig. 18.33. Detalii de îmbinări umede între stîlpi prefabricați :
a – prin suprapunerea barelor ; *b* – prin introducerea barelor din stîlpul superior în locașuri speciale prevăzute în stîlpul inferior ; *c* – prin sudură în cochilie ; *1* – țeavă ; *2* – monolitizare cu mortar de ciment ; *3* – eclisă ; *4* – sudură.

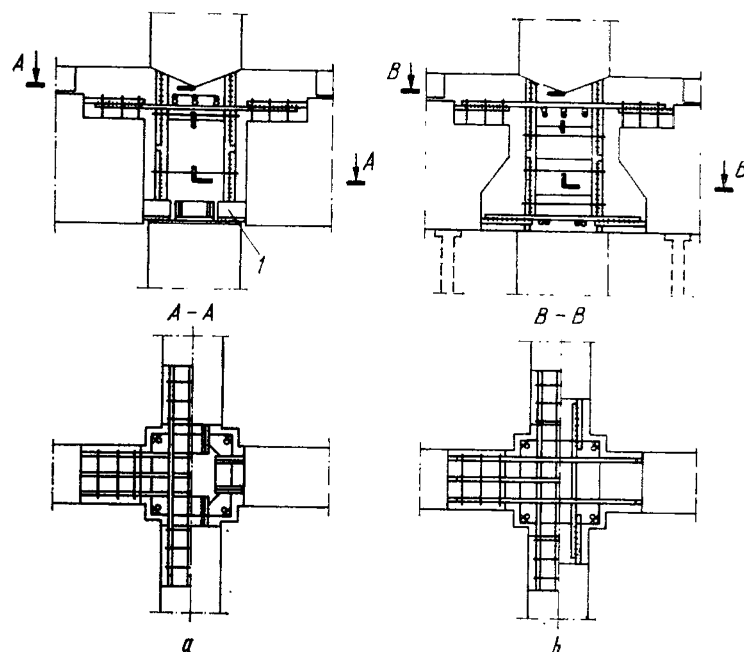


Fig. 18.34. Detaliu de îmbinări între stîlpi şi rigle prefabricate:

a — la rigle prevăzute cu profiluri pentru rezemare la montaj; *b* — la rigle care se sprijină provizoriu în timpul montajului; *1* — profil metalic pentru rezemarea riglei în timpul montajului.

Îmbinările umede sînt mai puţin sensibile la abaterile dimensionale din confecţionarea prefabricatelor şi la imprecizii de montaj.

Detaliile acestui tip de îmbinări depind în principal de:

— poziţia îmbinării (în nodul de cadru sau în afara acestuia);

— secvenţele de monolitizare a îmbinării (în una sau în mai multe etape);

— modul de înnădire a armăturilor (prin suprapunerea barelor sau a buclelor formate din bare, prin mufe, prin sudură). Trebuie menţionat că alegerea modului de înnădire a armăturilor este condiţionată în mare măsură de amplasarea construcţiei într-o regiune fără cutremure sau cu seismicitate ridicată. În asemenea situaţii se preferă înnădirea barelor prin sudură, recomandîndu-se evitarea unor soluţii cum ar fi, de exemplu, cea prin suprapunerea simplă a barelor sau a buclelor de armătură.

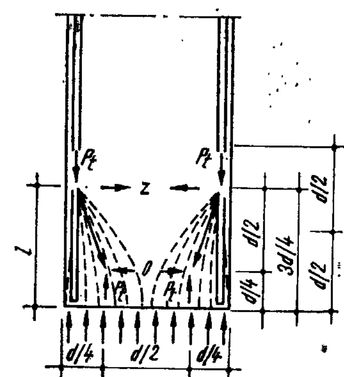


Fig. 18.35. Transmiterea efortului de întindere ca urmare a scurgerii efortului din armătură prin apariţia fenomenelor de despicare în beton:

l — lungimea de ancorare; *z* — braţul de pîrghie al armăturii; *d* — dimensiunea stîlpului; P_t — forţa de tensiune din armătură.

În figurile 18.33 şi 18.34 sînt reprezentate schematic cîteva rezolvări tipice de îmbinări umede la cadre prefabricate, alese din marea varietate de soluţii ce se pot întîlni [30].

La îmbinări, pericolul expulzării mortarului este cu atît mai mare cu cît este mai mare grosimea lui. La îmbinările stîlpilor interesează posibilitatea de scurgere directă a eforturilor din armături, deoarece altfel betonul trebuie să asigure şi scurgerea unei părţi a efortului din armătura stîlpului, ceea ce este cu atît mai problematic cu cît este mai mare procentul de armătură. În acest caz se pot dezvolta eforturi de despicare în beton (fig. 18.35).

18.4.2. ÎMBINĂRI USCATE

Îmbinările uscate (prin sudură sau buloane) se utilizează cu precădere la realizarea unor asamblări articulate între elementele prefabricate ale cadrului, lucru de care se ţine seama în alcătuirea schemei statice a acestuia. Acest tip de îmbinare apare avantajos pentru solidarizarea elementelor de schelet de acelaşi fel (stîlp cu stîlp, riglă cu riglă). Domeniul de aplicare al acestor îmbinări este limitat, deoarece cadrele cu articulaţii nu pot face faţă, fără elemente structurale de rigidizare, încărcărilor orizontale decît la un număr redus de niveluri. În condiţiile unui regim sporit de înălţime, încărcările orizontale trebuie să fie preluate de alte elemente structurale decît cadre, realizîndu-se deci sisteme combinate (v. capitolul 19). Realizarea de îmbinări rigide prin sudură sau buloane este posibilă, însă duce la alcătuiri constructive complicate.

Durata de execuţie a îmbinărilor uscate scade cu 30...40% faţă de cele umede. Aceste îmbinări permit transferarea rapidă a eforturilor şi reduc sau elimină necesitatea sprijinirilor temporare la montaj. Ele sînt însă sensibile la abaterile de execuţie, ceea ce implică o fabricaţie şi un montaj cu precizie ridicată. În figura 18.36 este prezentat un exemplu de îmbinare uscată între riglele unui cadru prefabricat, iar în figura 18.37 se arată o îmbinare de stîlp cu plăci metalice şi dorn, cu sudură la marginile plăcilor şi cu beton turnat monolit prin injecţie în golurile de la capetele stîlpilor.

18.4.3. ÎMBINĂRI PRIN PRECOMPRIMARE

Sînt îmbinări care redau caracterul de continuitate al elementelor asamblate şi imprimă acelaşi monolitism, ca şi îmbinările realizate prin betonare, căpătînd extindere la cadrele realizate prin precomprimare. Precomprimarea se aplică,

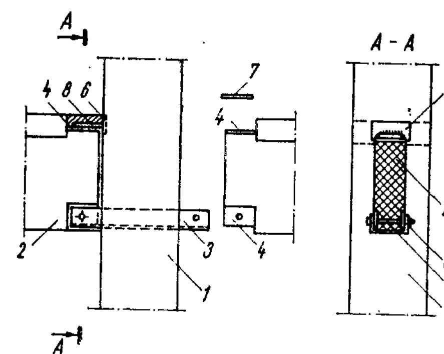


Fig. 18.36. Îmbinare uscată între stîlp şi riglă:

1 — stîlp prefabricat; *2* — riglă prefabricată; *3* — profil metalic (scaun); *4* — plăcuţă metalică în grindă; *5* — bulon; *6* — plăcuţă metalică în stîlp; *7* — eclisă; *8* — sudură.

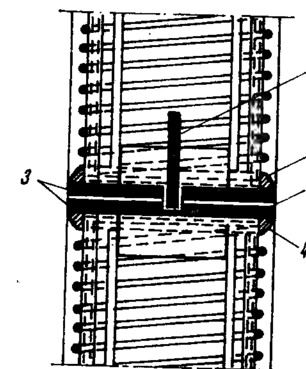


Fig. 18.37. Îmbinare uscată cu plăci metalice şi dorn între doi stîlpi prefabricaţi:

1 — dorn; *2* — folie din material plastic; *3* — plăci metalice; *4* — sudura fretei în spirală cu plăcile.

în general, la îmbinarea riglelor prefabricate așezate pe stîlpi, utilizînd cabluri drepte sau curbe. Efectul de continuitate se poate obține, de asemenea, prin cuplarea cablurilor din riglele prefabricate, precomprimate.

Din punctul de vedere al montajului, soluția prezintă dezavantajul unei creșteri a duratei de execuție deoarece punerea sub tensiune a cablurilor nu poate avea loc decît după întărirea betonului turnat în îmbinări. Sensibilitatea la abateri dimensionale și imprecizii de montaj este practic la fel de mare ca cea a îmbinărilor uscate.

Îmbinările prin precomprimare sînt preferate celor din beton armat monolit în cazul structurilor cu deschideri și încărcări mari. În cadrul *Comisiei Structuri Seismice a Federației Internaționale de Precomprimare* se analizează în ultimul timp diferite tipuri de îmbinări prin precomprimare pentru structuri static nedeterminate realizate din elemente prefabricate.

Un tip de îmbinări care tinde să capete o aplicare tot mai largă se bazează pe utilizarea adezivilor obținuți din rășini epoxidice. Aceste ansamblări beneficiază de unele avantaje proprii îmbinărilor uscate, cum ar fi transferarea imediată a eforturilor, permițînd totodată reducerea erorilor de montaj. Folosirea acestor adezivi necesită însă anumite precauții privind alegerea judicioasă a tipului de rășină (epoxidică) și a tehnologiei de execuție, în legătură cu durata de întărire a adezivului și cu temperatura la care se obține întărirea, precum și tratarea corespunzătoare a suprafețelor pe care se aplică adezivul. Un inconvenient al acestui tip de îmbinări constă în scăderea rezistenței rășinilor epoxidice la temperaturi înalte, ceea ce reprezintă un pericol în cazul incendiilor.

Capitolul 19

STRUCTURI SPECIALE DE REZISTENȚĂ PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE

Structurile cu pereți portanți (din zidărie, diafragme de beton armat monolit sau din panouri mari prefabricate) tip fagure și celulare prezintă o bună contravîntuire (rigidizare) la forțe orizontale, în timp ce structurile în cadre necesită elemente speciale de contravîntuire (de obicei diafragme-pereți, miez, sîmbure sau nucleu central, nucleu central și diafragme etc.), odată cu sporirea înălțimii clădirii.

19.1. STRUCTURI MIXTE DIN CADRE CU DIAFRAGME

19.1.1. ALCĂTUIREA DE ANSAMBLU. COMPORTAREA MECANICĂ LA ACȚIUNEA FORȚELOR GRAVITAȚIONALE ȘI ORIZONTALE

Structurile cu schelet mixt sînt alcătuite în ansamblu dintr-un sistem de cadre asociate cu un număr de diafragme dispuse fie izolat, fie grupate sub formă de nuclee rigide. Obiectivul principal al acestei alcătuiri mixte constă în menținerea flexibilității funcționale oferită de sistemele structurale în cadre, asigurînd rezistența și rigiditatea clădirilor la încărcări orizontale prin diafragmele prevăzute, în special, în acest scop.

Din punctul de vedere al comportării la acțiunea diferitelor categorii de încărcări, aspectul cel mai caracteristic pentru structurile cu schelet mixt îl constituie conlucrarea cadrelor cu diafragmele. Luate separat, un cadru și o diafragmă prezintă caracteristici de deformație diferite sub acțiunea unor forțe laterale identice. Datorită legăturii asigurate de către planșee, la o clădire a cărei structură include atît cadre cît și diafragme, aceste elemente sînt obligate să se deformeze identic, în ele luînd naștere o serie de eforturi de interacțiune (fig. 19.1).

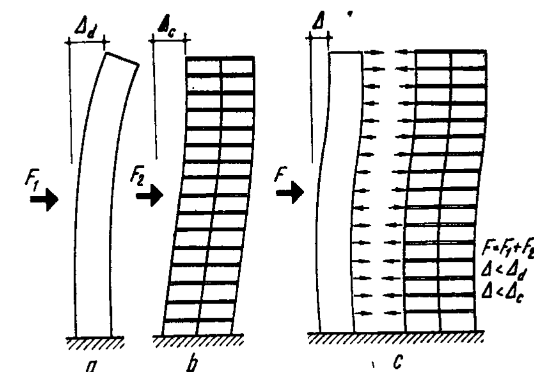


Fig. 19.1. Eforturi de interacțiune dintre cadre și diafragme pentru o structură mixtă :

a – deformata cadrelor ; *b* – deformata diafragmelor ; *c* – eforturi din interacțiunea dintre cadre și diafragme.

Prin conlucrarea cadrelor cu diafragmele se obțin în ansamblu două efecte favorabile :

— reducerea pronunțată a mărimii deplasărilor laterale sub acțiunea încovoierilor orizontale ;

— reducerea, în consecință, a mărimii distorsiunilor planșeelor.

Sporirea rigidității unei structuri se manifestă favorabil în comportarea la acțiuni dinamice (cutremur, rafale de vînt), prin aceea că reduce amplitudinea oscilațiilor clădirii și atenuează efectul modurilor superioare de vibrație (așa-numita *lovitură de bici*). În același timp, prezența cadrelor în structură permite asigurarea unei comportări bune a sistemului structural în domeniul inelastic datorită liniilor succesive de plasticizare ce se pot crea și prin obținerea unei ductilități ridicate. Structurile cu schelet de tip mixt, corect alcătuite, se situează în acest fel în rîndul soluțiilor cu comportare foarte bună la acțiuni seismice intense.

La structurile mixte, rigiditatea cadrelor este, de regulă, mult mai mică decît cea a diafragmelor, astfel încît acestea din urmă preiau marea majoritate, practic, totalitatea încărcărilor orizontale. Elementele cadrelor, stîlpii și riglele se află într-o situație sensibil mai bună decît în cazul structurilor alcătuite numai din cadre, deoarece au de preluat aproape exclusiv numai eforturi provenind din încărcările gravitaționale. În aceste condiții, realizarea unor noduri rigide nu mai reprezintă un factor esențial pentru asigurarea rezistenței structurii la acțiuni laterale. Aceasta creează premisele pentru simplificarea alcătuirii elementelor structurale orizontale, prin dimensionarea practic identică a riglelor la toate nivelurile clădirii sau prin adoptarea de soluții de planșeu fără grinzi. Stîlpii, eliberați de necesitatea de a prelua eforturi din acțiunea încărcărilor orizontale, pot fi dimensionați, de asemenea, în condiții mai puțin severe.

Sub acțiunea combinată a unor momente încovoietoare mari (provocate de încărcările orizontale) și a unor forțe axiale relativ mici, în diafragme sau în nucleele rigide apar eforturi de întindere importante, a căror preluare conduce frecvent la necesitatea unei armături puternice. Din aceeași cauză se prezintă situații în care apar eforturi de întindere la contactul fundațiilor diafragmelor cu terenul, ceea ce poate duce la prevederea de elemente de ancorare în teren (piloți lucrînd la smulgere). În vederea îmbunătățirii condițiilor de lucru ale acestor diafragme sau nuclee rigide este indicat ca, prin alcătuirea structurală,

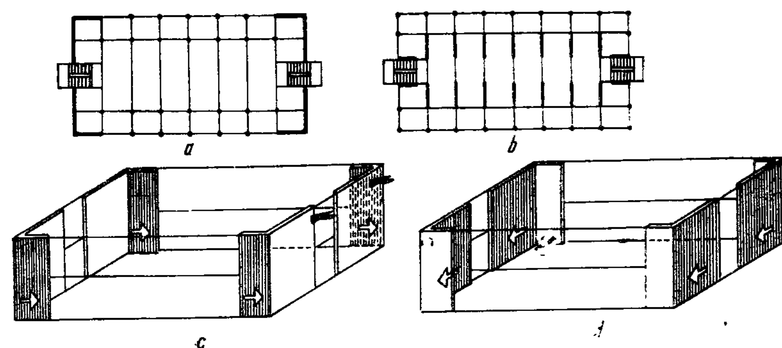


Fig. 19.2. Dispunerea diafragmelor într-o structură mixtă:
a — ca pereţi exteriori; b — ca pereţi interiori; c — preluarea forţelor orizontale în sens longitudinal; d — preluarea forţelor orizontale în sens transversal.

să li se transmită o parte mai mare din încărcarea gravitaţională totală a clădirii, astfel încît să compenseze cît mai mult posibil din efectul încărcărilor orizontale.

Realizarea conlucrării spaţiale a sistemului de cadre şi diafragme este în mod hotărîtor condiţionată de asigurarea comportării ca şaibă a planşeelor. O atenţie deosebită, atît prin verificări de calcul cît şi prin detalieri constructive adecvate, trebuie acordată în cazul structurilor cu distanţe mari între diafragmele sau nucleele de rigidizare, planşeelor alcătuite din elemente prefabricate, precum şi în cazul existenţei unor discontinuităţi sau goluri de dimensiuni mari în planşee.

Din figura 19.1 rezultă efectele favorabile ale comportării generale a structurii mixte:

— reducerea importantă a deplasărilor sub acţiunea forţelor orizontale;
— reducerea deplasărilor din torsiune;
— ductilitate sporită datorită prezenţei cadrelor.

Se execută clădiri cu structuri mixte avînd 40 ... 70 niveluri, în funcţie de procentul şi posibilitatea de amplasare a diafragmelor, obţinîndu-se uneori o mare flexibilitate a distribuţiei acestora. Astfel, diafragmele pot fi concentrate în lungul clădirii (pereţi interiori) sau la capetele clădirii (pereţi exteriori) (fig. 19.2). [41]. O distribuţie asemănătoare a elementelor de contravîntuire se întîlneşte în cazul structurilor în cadre cu noduri rigide pe întreaga lungime a structurii sau cu noduri deplasabile, cînd cadrele rigide de contravîntuire se amplasează la capetele structurii (fig. 19.3) [41].

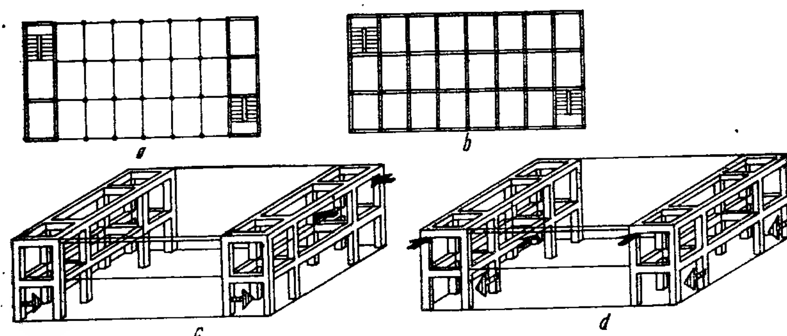


Fig. 19.3. Structuri în cadre rigidizate prin:
a — cadre de contravîntuire amplasate la capete; b — cadre rigide în tot lungul structurii; c — preluarea forţelor orizontale în sens longitudinal; d — preluarea forţelor orizontale în sens transversal.

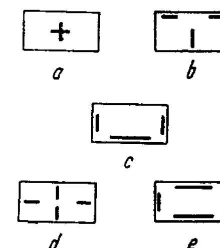


Fig. 19.4. Posibilităţi de amplasare a diafragmelor de rigidizare:
a; b; d — neindicate; c; e — raţionale.

Alegerea raţională a elementelor de contravîntuire ca diafragme verticale influenţează costul clădirii. Sînt necesare pentru a asigura siguranţa la stabilitate cel puţin trei diafragme ale căror axe nu trebuie să se întîlnească într-un punct (fig. 19.4).

Calculul structurilor mixte se face folosind:

— *metoda cadrului înlocuitor*, în care se pot aplica metodele prezentate pentru calculul structurilor în cadre. În cazul formulării matriciale trebuie avut în vedere că, prin schematizarea structurii şi prin considerarea nodurilor punctuale, apar bare cu gusete (bare cu capete infinit rigide) şi în consecinţă trebuie stabilite elementele componente ale matricelor de rigiditate ale barelor cu rigidităţi variabile. Nu este indicat a se utiliza metoda Haller-Kranl datorită convergenţei foarte slabe, determinată de prezenţa la astfel de structuri a stîlpilor (diafragme, spaleţi) cu rigiditate mult mai mare decît a riglelor (grinzi, buiandrugi);

— *metoda elementelor finite*, care rezolvă structuri discretizate, utilizînd matricele de rigiditate ale elementelor componente şi înscriindu-se în specificul metodei generale a deplasărilor. Apar în această metodă numai deosebiri de detalii, datorate faptului că elementele finite au mai multe noduri, în schimb prinderea între ele a elementelor în noduri se consideră, de obicei, articulată.

Pentru calculul structurilor mixte la acţiuni orizontale se menţionează următoarele metode de calcul:

— *metoda deformatelor impuse* care presupune înlocuirea structurii spaţiale prin două seturi de structuri plane după cele două direcţii ortogonale. Metoda deformatelor impuse se poate aplica în două variante: înlocuirea structurii cadru-diafragmă printr-un *cadru scară înlocuitor* pentru care se determină deplasările (translaţii şi rotiri) la nivelul etajelor, deplasări ce se impun celor două componente ale structurii—cadrul şi diafragma (metodă elaborată de colectivul Prof. emerit ing. C. Avram) sau înlocuirea structurii cadru-diafragmă printr-o *diafragmă-consolă înlocuitoare* pentru care se determină deplasările la nivelul etajelor şi care se impun ulterior cadrului şi diafragmei (metoda Khan şi Sbarounis);

— *metoda echilibrării nodurilor* (*Kani-Csonka*) care se caracterizează printr-o convergenţă rapidă. În cazul acestei metode, diafragma se înlocuieşte cu un cadru înlocuitor avînd rigle cu capete infinit rigide (bare cu gusete) şi se poate cuprinde şi efectul pereţilor de umplutură. Structura se poate rezolva pe cale iterativă sau recursivă;

— *metoda matricelor de transfer*, în care condiţiile de compatibilitate ale deformaţiilor sînt scrise direct cu ajutorul momentelor factoriale sub forma matricelor de transfer. Acest mod de exprimare permite determinarea imediată a stării de eforturi, atît pe cale obişnuită (manual), cît şi cu ajutorul calculatoarelor electronice deoarece calculele se bazează pe produse de matrice.

Ca programe de calcul utilizate pentru calculul structurilor la acțiuni verticale și orizontale se pot menționa următoarele:

— *CAPLAN*, pentru analiza stării de eforturi în cadrele plane. Programul este aplicabil structurilor alcătuite din bare drepte (cadre), cît și structurilor mixte (cadre cu diafragme);

— *SECON*, care calculează starea de eforturi în construcții. Programul este aplicabil structurilor în cadre plane;

— *CASPA*, program aplicabil structurilor spațiale alcătuite din bare drepte (cadre spațiale), care analizează starea de eforturi în aceste structuri;

— *STUGEN*, care cuprinde calculul spațial de ordinul I al structurilor plane și spațiale alcătuite din bare. Programul este aplicabil structurilor de mari dimensiuni, metoda de calcul adoptată fiind metoda divizării structurii în substructuri;

— *PROGRAM P 6*, care permite analiza efectelor seismice în clădiri etajate cu pereți portanți și cadre. Programul se bazează pe metoda elementelor finite utilizînd elemente finite dreptunghiulare cu cîte trei grade de libertate pe nod.

19.1.2. TIPURI CARACTERISTICE DE STRUCTURI MIXTE DIN CADRE ȘI DIAFRAGME

La structurile mixte, amplasarea diafragmelor este condiționată în primul rînd de cerințele funcționale, urmărindu-se reducerea la minimum a servituților în ceea ce privește organizarea spațiului. După modul de amplasare și de grupare a diafragmelor se pot distinge două tipuri principale de sisteme structurale de tip mixt:

— structuri cu diafragme izolate;

— structuri cu unu sau mai multe nuclee rigide.

La sistemele structurale cu diafragme izolate, poziția acestora se stabilește, în funcție de natura clădirii, în dreptul unor compartimentări definitive și continue la toate nivelurile, în pereții de fronton etc. (fig. 19.5) [30]. Prevederea acestor diafragme la distanțe mai mici (de exemplu, între apartamentele clădirilor de locuit) duce la transformarea structurii într-una de tip celular.

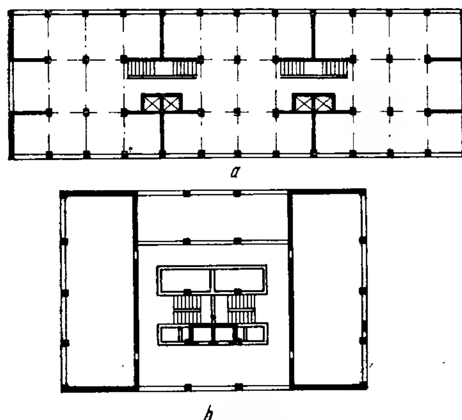


Fig. 19.5. Tipuri de structuri de rezistență cu schelet mixt:
a — pentru o construcție bară; *b* — pentru o construcție punct.

19.2. STRUCTURI ÎN CADRE CU PEREȚI DE CONTRAVÎNTUIRE

Structura constă în executarea de pereți de umplutură în ochiurile dintre stîlpii și riglele cadrelor. Aceste elemente de contravîntuire permit asimilarea structurii cu un sistem alcătuit din triunghiuri, diagonalele comprimate fiind reprezentate de către pereții realizați din zidărie sau din elemente prefabricate de beton armat (fig. 19.6).

19.3. STRUCTURI CU PARTER FLEXIBIL (ELASTIC)

În această categorie se consideră structurile din diafragme rezemate la parter pe stîlpi, astfel că există un salt foarte mare între rigiditatea parterului și cea a etajelor superioare (fig. 19.7).

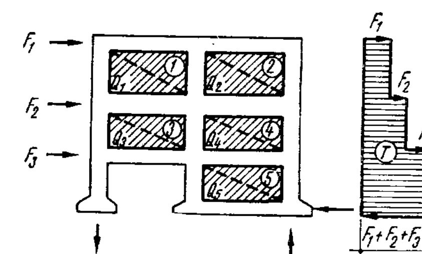


Fig. 19.6. Structură în cadre cu pereți de umplutură utilizați ca elemente de rigidizare.

19.4. STRUCTURI TUBULARE, CU NUCLEU CENTRAL

19.4.1. STRUCTURI CU UN SINGUR TUB

În vederea utilizării cu eficiență sporită a spațiului prin reducerea numărului și dimensiunilor elementelor portante verticale, apare rațională folosirea elementelor verticale funcționale ale clădirii drept elemente structurale, ceea ce conduce la sisteme cu nucleu rigid, pereții acestuia închizînd în interior circulațiile verticale (scări, ascensoare), canalele verticale ale instalațiilor (ventilații, tuburi de gunoi, eventual coșul de fum al centralei termice etc.), precum și diverse spații tehnice și de serviciu.

Gruparea diafragmelor în nuclee destinate din punct de vedere structural să reziste acțiunii unei anumite părți din încărcările verticale ale clădirii, precum și a marii majorități sau chiar a totalității încărcărilor orizontale, reprezintă o soluție cu larg cîmp de aplicare la clădirile etajate, atît la cele cu număr mai mic de niveluri cît și la cele înalte. Structurile cu nuclee se utilizează îndeosebi la clădirile administrative sau cu funcțiuni social-culturale, iar în prezent își deschid tot mai mult drum și în construcția de locuințe.

La *clădirile de tip punct* se adoptă soluții cu un singur nucleu situat într-o poziție cît mai centrală, stîlpii fiind amplasați de regulă pe conturul clădirii, uneori și în interior (fig. 19.8). Spre deosebire de clădirile administrative la care gruparea tuturor circulațiilor verticale, a instalațiilor și a serviciilor permite realizarea unui nucleu puternic, la clădirile de locuit nucleul poate rezulta insuficient dezvoltat, astfel încît apare necesară prevederea și a unor diafragme izolate cu rol de rigidizare a structurii (fig. 19.9).

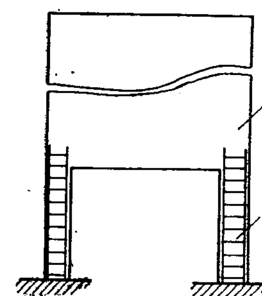
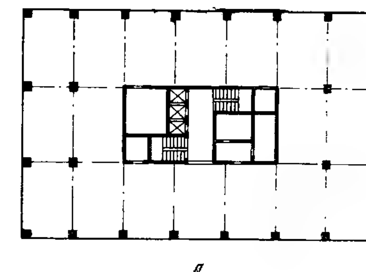


Fig. 19.7. Structură din diafragme cu parter flexibil pe stîlpi:
1 — diafragmă; *2* — stîlp cu armătură de ductilizare.



b

Fig. 19.8. Structuri de rezistență cu nucleu central de rigidizare:
a — pentru clădiri de locuit; *b* — pentru birouri.

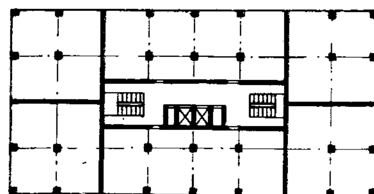


Fig. 19.9. Structură de rezistență cu nucleu central și cu diafragme de rigidizare pentru o clădire de locuit.

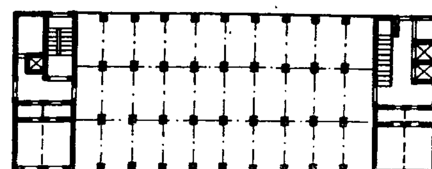


Fig. 19.10. Structură de rezistență pentru o clădire hotel cu două nuclee de rigidizare amplasate la capete.

La unele *clădiri de tip bară* se pot adopta soluții cu două nuclee, amplasate cît mai simetric și avînd caracteristici de rigiditate cît mai apropiate (fig. 19.10). Nucleele rigide oferă posibilitatea realizării și a altor sisteme structurale, care prezintă interes îndeosebi pentru clădirile multietajate, cum ar fi: structuri cu nucleu și planșee în consolă, structuri cu nucleu sau nuclee și planșee suspendate, structuri de tip *tub în tub* etc.

Structura caracteristică constă din stîlpi exteriori deși, care alcătuiesc un tub exterior rectangular perforat, denumită în mod obișnuit *tub-cadru* sau *cadre-diafragmă*. Comportarea sa mecanică complexă se situează între cadre și diafragmă, în funcție de poziția și dimensiunile golurilor, rigiditățile relative ale stîlpilor exteriori și ale grinzilor buiandrug, caracteristicile îmbinărilor etc. O analiză preliminară se poate face pentru o structură suficient de înaltă considerînd cele două moduri distincte de comportare:

— comportare în cadre a celor doi pereți paraleli cu direcția forțelor orizontale (fig. 19.11);

— comportarea sub formă de tub a structurii întregi.

Din figura 19.11 rezultă o distribuție neuniformă a forțelor axiale în stîlpi, în lungul pereților, normal la direcția forțelor laterale. Din cauza fenomenului *shear-lag*, stîlpii depărtați de colțurile tubului nu pot participa în întregime la preluarea momentului de răsturnare, astfel încît rezistența și rigiditatea la forțele laterale ale tubului perforat rezultă întrucîtva micșorată și se poate considera simplificat un tub echivalent alcătuit din două elemente sub formă de *U* (jgheab), cu tălpi din stîlpi activi conlucrînd cu inima (fig. 19.12). Se obține astfel o rigiditate laterală de numai 25...30% din cea a tubului plin, datorată

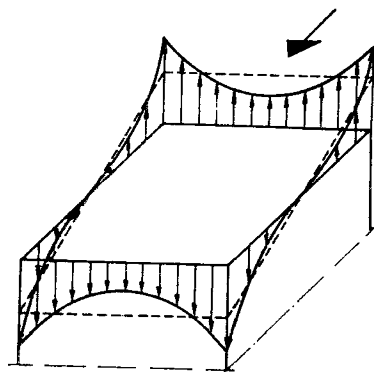


Fig. 19.11. Distribuția forțelor axiale în tubul perimetral perforat sub acțiunea încărcărilor laterale.

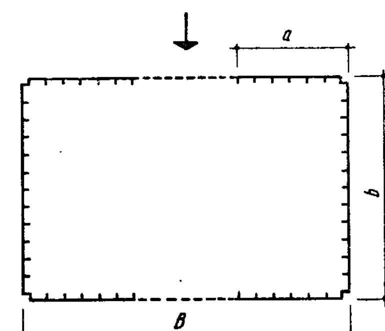


Fig. 19.12. Planul tubului echivalent alcătuit din două elemente în formă de *U*.

circa 70% acțiunii de cadru a pereților paraleli cu direcția încărcărilor laterale. Un calcul mai exact, obținut prin analiza spațială a cadrului, consideră toate cele șase grade de libertate în nod. Structura cu tub perforat are de obicei stîlpii distanțați la 1,50 ... 3,00 m, astfel încît permite montarea directă a ferestrelor între stîlpi, ceea ce este economic și are o utilizare eficientă și rațională pentru structuri cu 40 ... 60 niveluri.

19.4.2. STRUCTURI TUB ÎN TUB

Se folosesc la clădiri înalte cu mai mult de 80 niveluri, cu partiu liber pe cea mai mare suprafață a nivelului și îmbină avantajele structurilor cu nucleu central cu cele ale structurilor cu un singur tub. Sînt alcătuite cu două tuburi din diafragme, cel exterior ca un tub perforat cu pereți de fațadă, iar nucleul interior central din diafragmele sîmburelui cu servicii (fig. 19.13, *b*). Eficiența structurii tub în tub, care a căpătat dezvoltare în prezent pentru clădirile administrative (birouri), depinde direct de dimensiunile și amplasarea nucleului central. O rigiditate laterală sporită se obține prin contravînturi înclinate în tubul perforat exterior sau prin diafragme suplimentare de rigidizare (fig. 19.13, *c*).

Eficiența acestor tipuri de structuri depinde de cerințele de plan, în cadrul unor limite de înălțime și este prezentată în figura 19.14 pentru condițiile tehnico-economice din S.U.A.

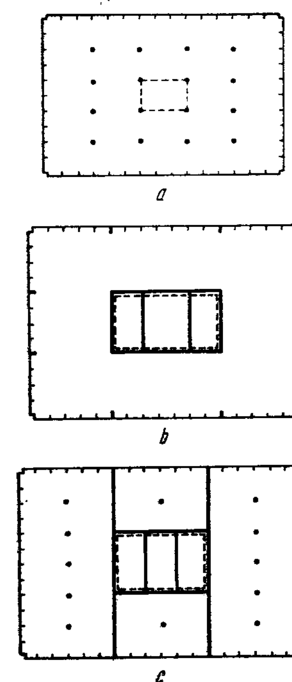


Fig. 19.13. Structuri de rezistență tubulare pentru clădiri înalte:

a — cu un singur tub perforat exterior; *b* — cu tub exterior perforat și tub interior; *c* — tub în tub cu diafragme de rigidizare.

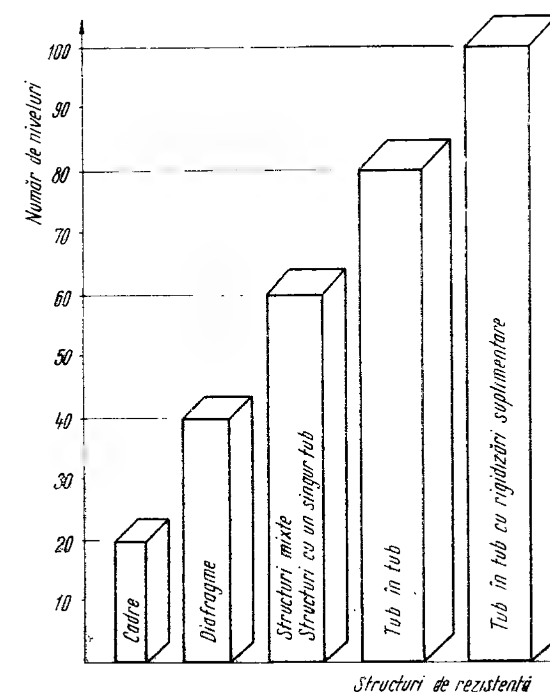


Fig. 19.14. Utilizarea diverselor tipuri de structuri pentru clădiri înalte, în funcție de înălțimea lor.

19.5. SOLUŢII INDUSTRIALIZATE PENTRU STUCTURI CU SCHELET MIXT

La structurile cu schelet mixt, pentru realizarea cadrelor şi planşeelor se poate aplica practic întreaga gamă de soluţii cu caracter industrializat expusă în capitolul 18 pentru structurile în cadre. Apar însă unele elemente care pun în evidenţă avantajele oferite de sistemele structurale mixte.

După cum s-a arătat, preluarea încărcărilor orizontale de către diafragme sau nuclee are drept consecinţă o reducere pronunţată a eforturilor în rigle şi stîlpi, permiţînd o dimensionare mai uşoară a acestora şi impunînd condiţii mai puţin severe îmbinărilor la noduri. Riglele îşi pot menţine secţiunea şi în mare măsură, armarea identică la toate nivelurile clădirii, iar pentru stîlpi este necesară modificarea armării şi a secţiunii la intervale mari pe înălţimea clădirii.

În această situaţie sînt create condiţii deosebit de favorabile pentru aplicarea soluţiilor prefabricate datorită unificării dimensiunilor elementelor, posibilităţii de realizare a unor îmbinări mai simple (eventual cu rol de articulaţie) şi asigurării cu relativă uşurinţă a contravîntuirii structurii în timpul montajului datorită nucleului executat în prealabil.

Preluarea în totalitate a încărcărilor orizontale de către diafragme sau nuclee este de natură să simplifice alcătuirea planşeelor, eliminînd necesitatea riglelor. Planşeele se pot realiza sub formă de dală groasă turnată monolit sau din panouri mari prefabricate ce reazemă numai la colţuri, direct pe stîlpi. Legătura dintre

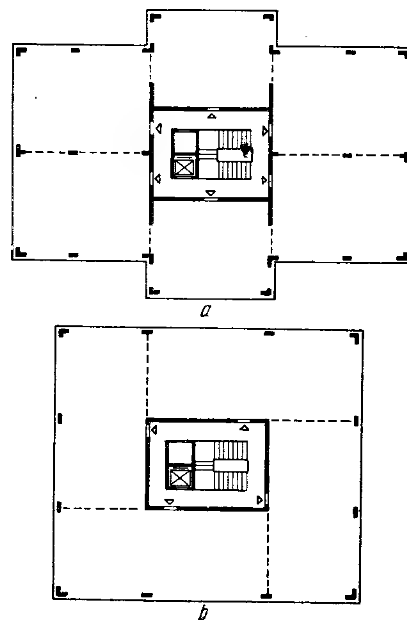


Fig. 19.15. Structuri cu nucleu central de rigidizare pentru clădiri de locuit:
a – clădire tip fluture; b – clădire punct.

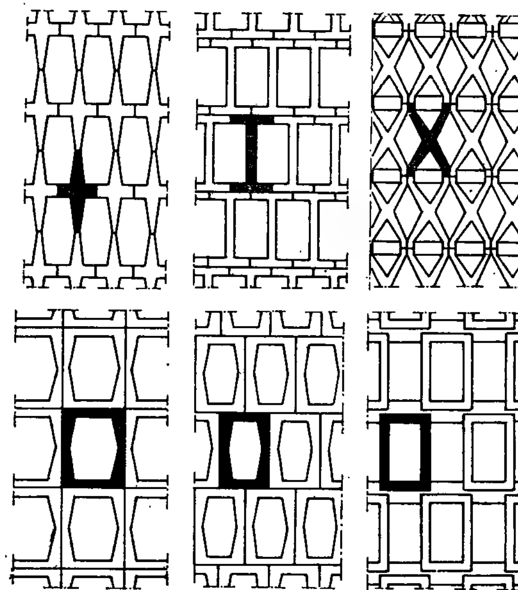


Fig. 19.16. Diverse tipuri de prefabricate pentru pereţii exteriori ai tubului perforat (cadre-diafragme).

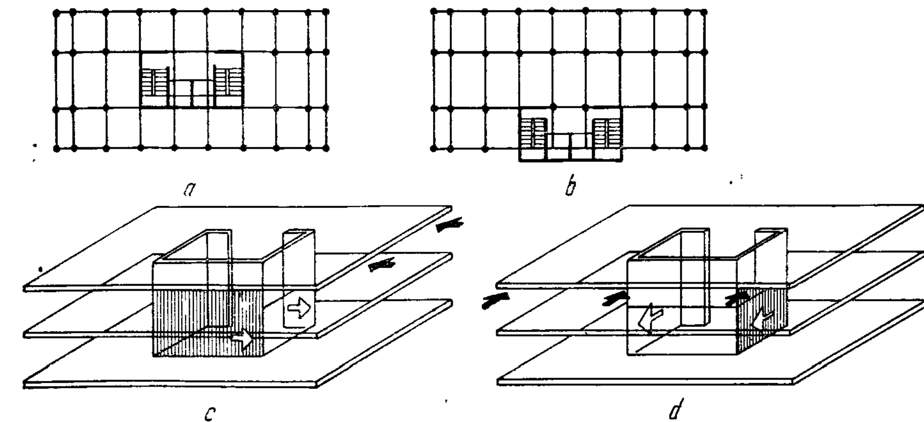


Fig. 19.17. Structuri de rezistenţă cu nucleu rigid:
a – cu nucleu amplasat central; b – cu nucleu amplasat lateral; c – preluarea forţelor laterale în sens longitudinal; d – preluarea forţelor laterale în sens transversal.

panourile de planşeu şi stîlpi se asigură prin îmbinări uscate sau prin precomprimare. Absenţa grinzilor interioare oferă o libertate maximă în organizarea funcţională variată a spaţiului.

Diafragmele şi nucleele rigide se execută în majoritatea cazurilor din beton armat monolit, folosind sisteme de cofrare eficiente (cofraje metalice plane, cofraje glisante în cazul nucleelor etc.). Se întîlnesc de asemenea rezolvări ale diafragmelor din panouri mari prefabricate, precum şi nuclee alcătuite din elemente prefabricate profilate, utilizate mai ales, la clădiri cu un număr nu prea mare de niveluri.

În figura 19.15 sînt exemplificate unele rezolvări în domeniul sistemelor structurale cu schelet de tip mixt, utilizate la clădiri de locuit [30].

Pereţii exteriori ai structurilor tubulare se pretează prefabricării cu respectarea rezistenţei îmbinărilor elementelor prefabricate, în funcţie de natura şi mărimea eforturilor, existînd suficiente variante posibile pentru aceste prefabricate (fig. 19.16) [30].

Cînd nucleul este amplasat lateral (fig. 19.17, *b*) este necesar a se analiza comportarea la torsiune a structurii în ansamblul ei [41].

19.6. STRUCTURI DIN MATERIALE PLASTICE

În acest paragraf sînt prezentate structurile aerostatice şi pneumatice din membrane de materiale plastice. Membranele utilizate sînt capabile să preia solicitările la tracţiune, sînt impermeabile la apă şi aer şi sînt fabricate din fire elastice acoperite cu pelicule impermeabile care asigură rezistenţa lor la intemperii, la foc şi etanşeitatea la aer. Cele mai des folosite sînt firele sintetice din poliamide, poliester, poliacril-nitril etc. Ca pelicule de impermeabilizare se utilizează: poliuretan, PVC, cauciuc natural sau sintetic, poliacril, poliesteri

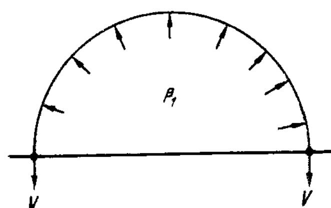


Fig. 19.18. Schiţă de principiu pentru o structură aerostatică.

şi altele. În ţara noastră se foloseşte ţesătura din fire de relon acoperită cu peliculă PVC pe ambele feţe. În general, acestea sînt construcţii care folosesc aerul la presiuni diferite de cea atmosferică pentru a asigura rezistenţa şi stabilitatea lor la acţiunile exterioare.

19.6.1. STRUCTURI AEROSTATICE

Schema principială a unei structuri aerostatice este prezentată în figura 19.18, de unde rezultă că acoperişul realizat dintr-o membrană cilindrică este susţinut de presiunea suplimentară interioară, care trebuie menţinută pe întreaga durată de existenţă a structurii. Este necesar a se asigura buna comportare a structurii la toate acţiunile, inclusiv la cele climatice : vînt, zăpadă şi diferenţe de temperatură.

19.6.2. STRUCTURI PNEUMATICE

Structurile pneumatice sub formă de arce, ferme etc. se realizează din elemente structurale drepte şi curbe, solidarizate între ele şi confecţionate dintr-o membrană exterioară din material plastic, menţinută în poziţie de presiunea aerului din interior. Secţiunea elementului structural este, de obicei, cilindrică, dar se pot realiza şi alte forme : ovale, pătrate, tringhiulare etc.

Elementele structurale (fig. 19.19) se solidarizează între ele pentru constituirea structurii de rezistenţă : arc, boltă, fermă etc.

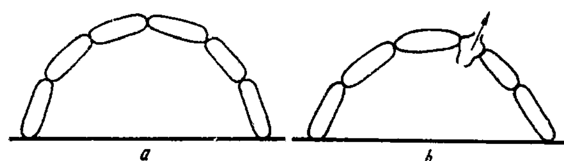


Fig. 19.19. Arc din bolţari pneumatici, alcătuiţi din membrană şi aer la presiune mai mare decît presiunea atmosferică ;

a – forma iniţială ; *b* – formă pleoştită după desumflarea unui bolţar.

În figurile 19.20 şi 19.21 este prezentat planul, respectiv secţiunea transversală prin pavilionul de expoziţie Fuji din Tokio, avînd un acoperiş realizat din arce pneumatice.

*

* *

În figurile 19.22 ... 19.29 sînt prezentate partiurile de arhitectură şi structurile de rezistenţă cu largă utilizare în ţara noastră la construcţiile de locuinţe.

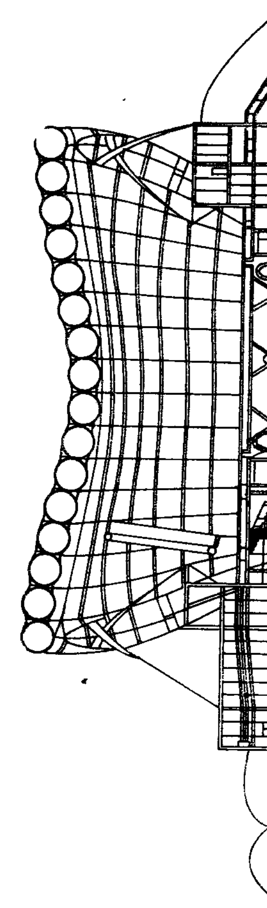


Fig. 19.21. Secţiune transversală prin pavilionul de expoziţie Fuji, Tokio.

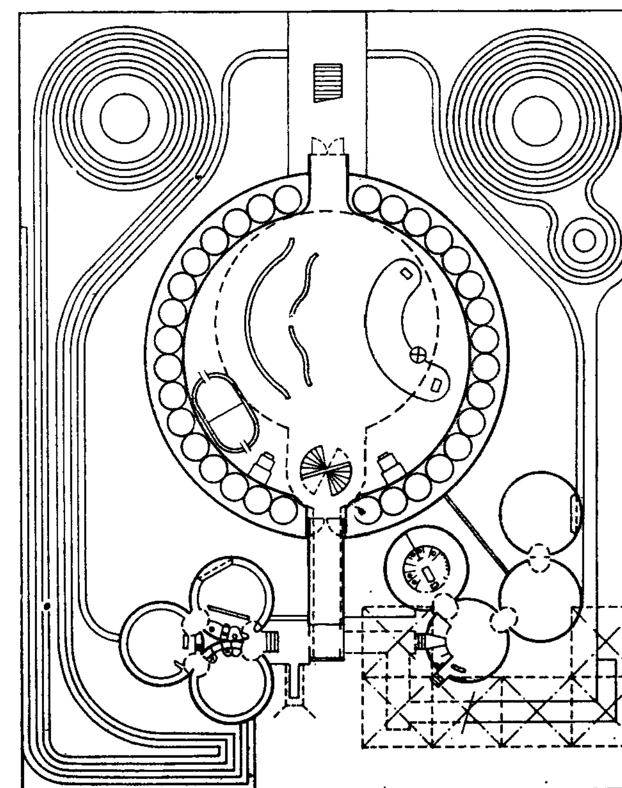


Fig. 19.20. Planul pavilioanelor de expoziţie a grupului Fuji, Tokio.

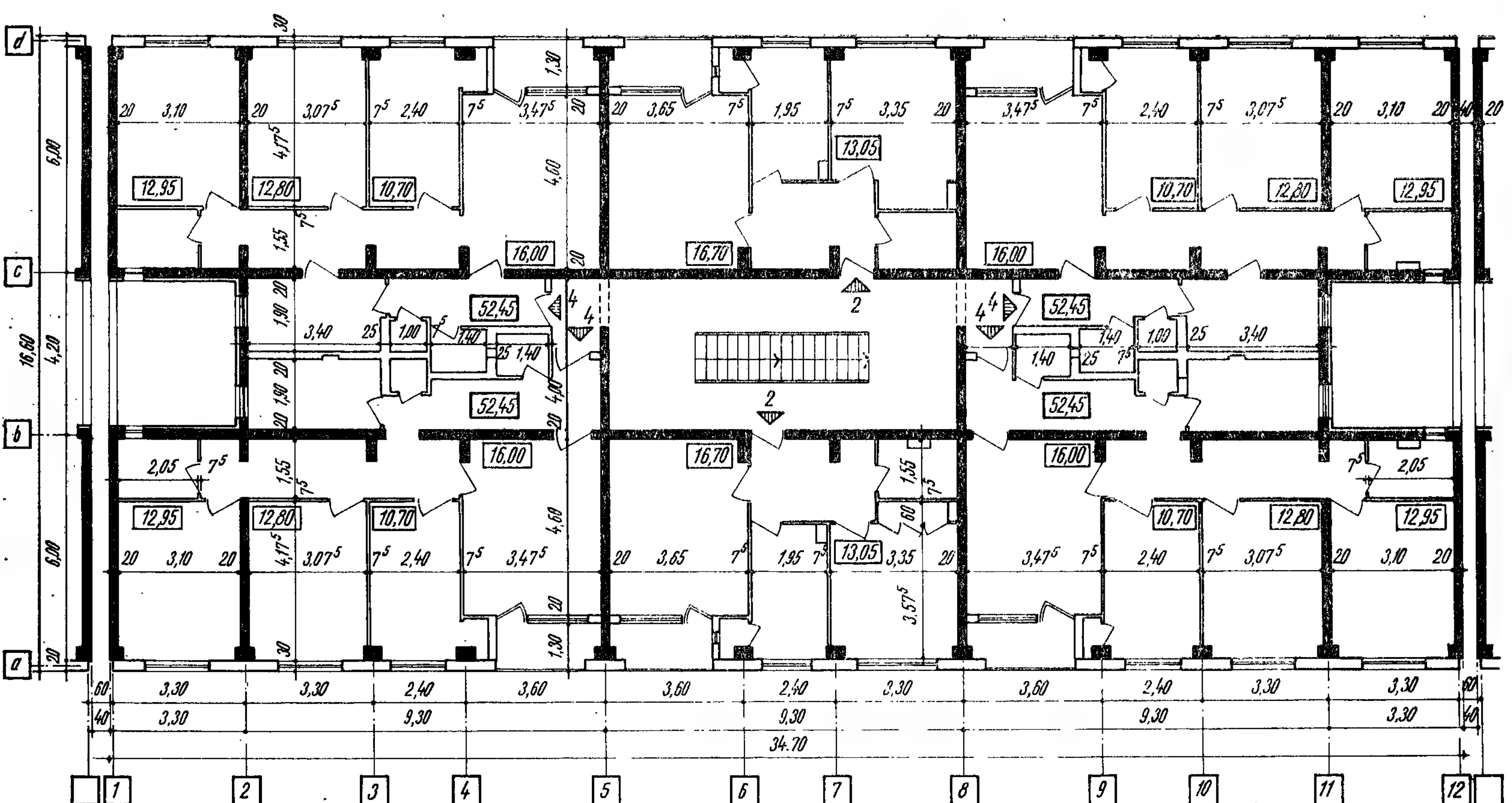


Fig. 19.22. Plan etaj curent pentru o construcţie de locuinţe, P + 4E, cu patru apartamente la scară, amplasată în zone cu grad VIII de seismicitate şi avînd structură celulară cu diafragme din beton armat, turnate monolit.

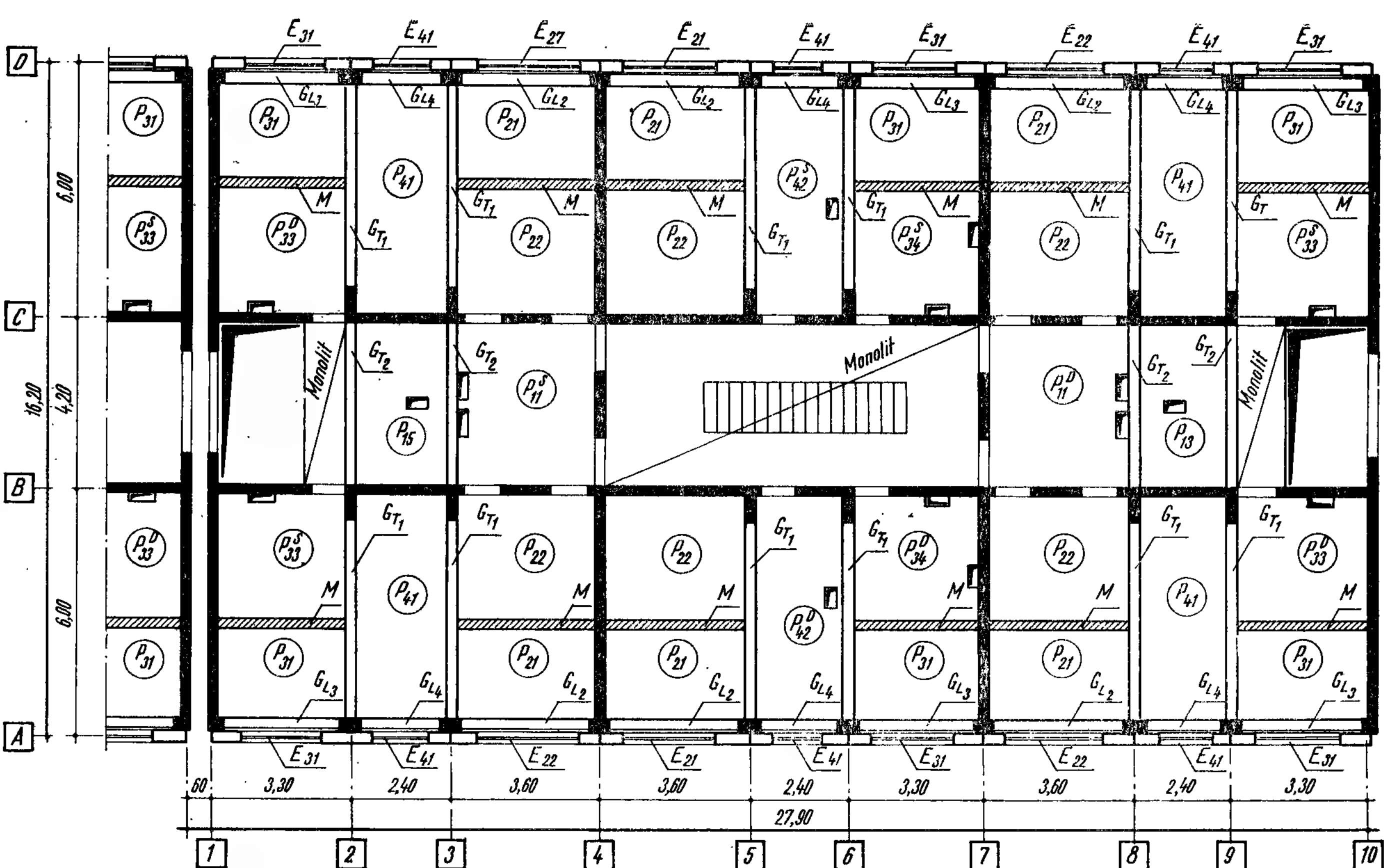


Fig. 19.23. Plan poză prefabricate pentru o structură celulară, P + 4E, alcătuită din stîlpi şi diafragme din beton armat monolit turnate în cofraje metalice plane, semipanouri prefabricate de planşeu care reazemă pe diafragme şi pe grinzi prefabricate transversale şi longitudinale şi din panouri prefabricate pentru pereţii exteriori:

G_L – grinzi longitudinale prefabricate; G_T – grinzi transversale prefabricate; E – panouri mari prefabricate pentru pereţii exteriori; P – semipanouri prefabricate pentru planşeu; M – monolitizare între semipanouri.

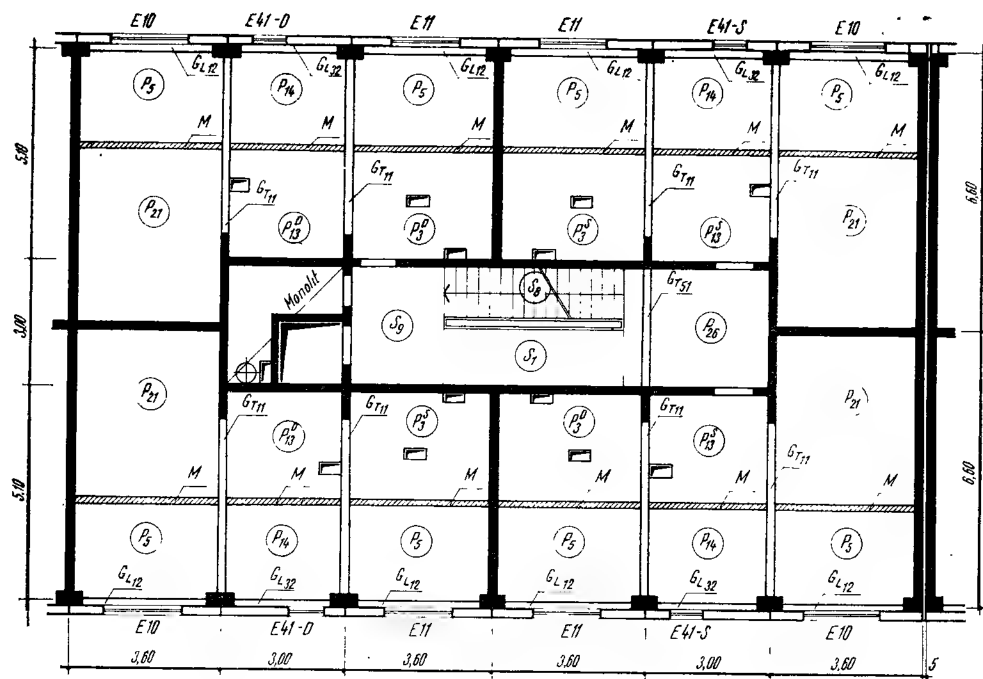


Fig. 19.24. Plan poză prefabricate pentru o structură celulară, P + 10E, alcătuită din diafragme și stîlpi din beton armat monolit, turnate în cofraje metalice plane, semipanouri prefabricate de planșeu care reazemă pe diafragme și pe grinzi prefabricate transversale și longitudinale și din panouri prefabricate pentru pereți exteriori :

G_L – grinzi longitudinale prefabricate ; G_T – grinzi tranversale prefabricate ; E – panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori ; P – semipanouri prefabricate pentru planșeu ; M – monolitizare între semipanouri.

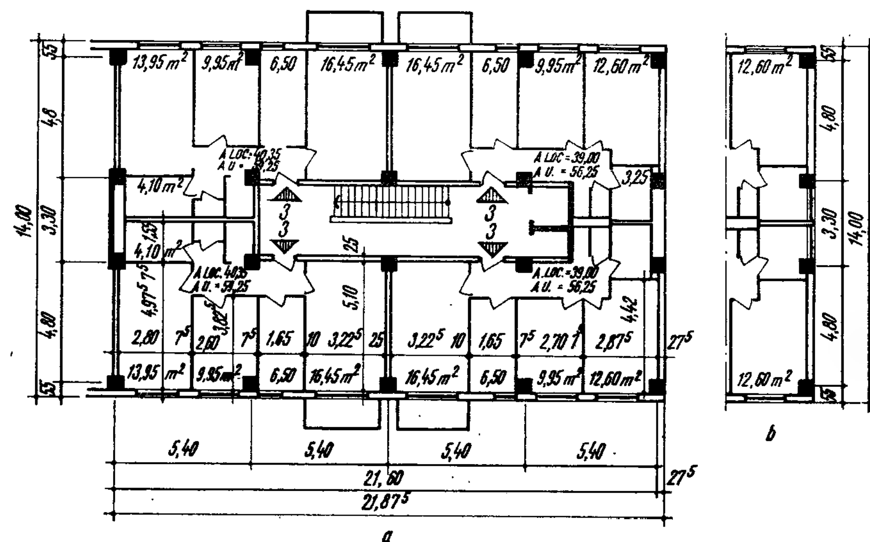


Fig. 19.25. Plan etaj curent pentru o construcție de locuințe, P + 10E, cu patru apartamente la scară, cu structura de rezistență din cadre de beton armat și planșee prefabricate :

a – tronson de mijloc ; *b* – detaliu la un tronson de capăt.

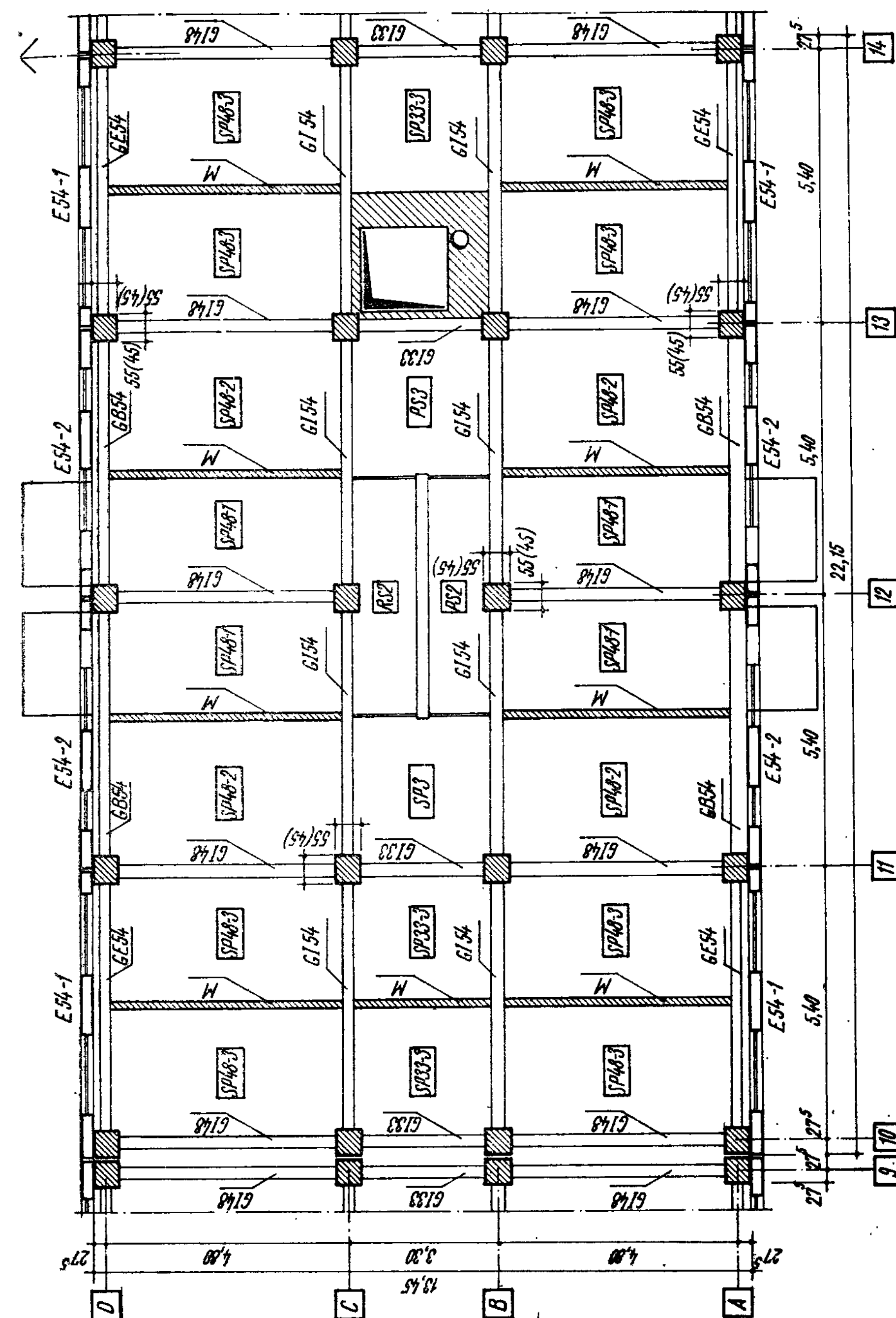


Fig. 19.26. Plan poză prefabricate pentru o structură, P + 10E, din cadre de beton armat turnate monolit cu planșee din semipanouri prefabricate care reazemă pe grinzi prefabricate și cu panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori :

GI – grinzi interioare prefabricate ; *GE* – grinzi exterioare prefabricate ; *E* – panouri mari prefabricate pentru pereții exteriori ; *SP* – semipanouri prefabricate pentru planșeu ; *PS* – panouri prefabricate pentru podestele de scară ; *RS* – panou prefabricat pentru rampa scării ; *M* – monolitizarea între semipanouri.

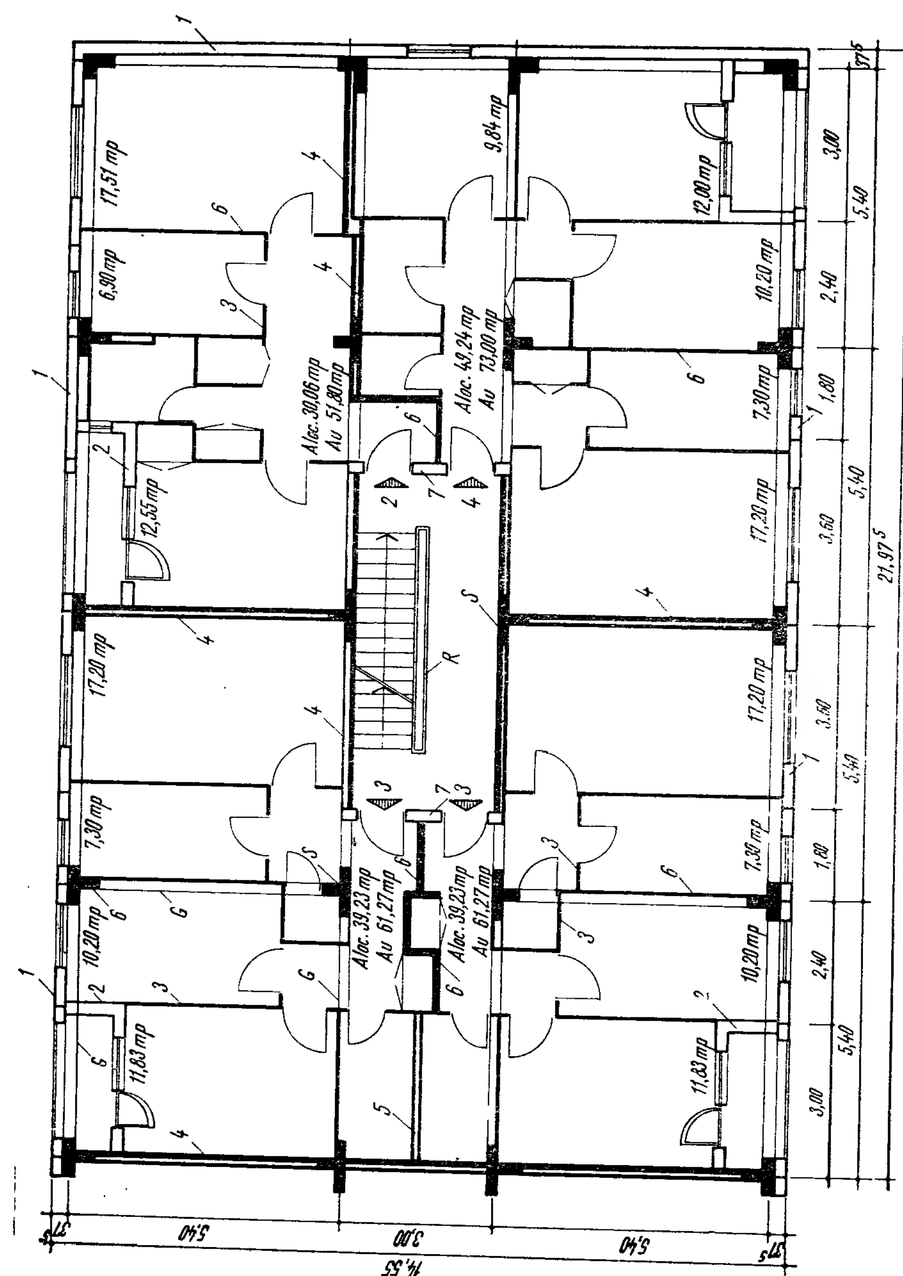


Fig. 19.27. Plan etaj curent pentru o construcţie de locuinţe cu patru apartamente la scară şi cu structura de rezistenţă din cadre lamelare de beton armat (proiect ICPROM — Iaşi):

S — stîlpi lamelari în formă de *T* sau cruce (dimensiunile secţiunii stîlpilor au raportul 2,5 ... 3); *G* — grinzi de cadru turnate monolit (proiect ICPROM — Iaşi) sau prefabricate (proiect I.P.I. Piteşti); *R* — scară monorampă prefabricată; *1* — panouri prefabricate de faţadă; *2* — perete exterior de logie din blocuri BCA de 25 cm grosime; *3* — perete despărţitor din plăci BCA de 7,5 cm grosime; *4* — pereţi separatori dubli din fîşii armate de BCA de 12,5 + 7,5 cm grosime cu fonoizolaţie din pîslă minerală de 4 cm grosime; *5* — pereţi separatori dubli din fîşii armate de BCA de 7,5 + 7,5 cm grosime, cu fonoizolaţie din pîslă minerală de 4 cm grosime; *6* — pereţi separatori din blocuri BCA de 12,5 cm grosime; *7* — pereţi separatori din BCA de 25 cm grosime;

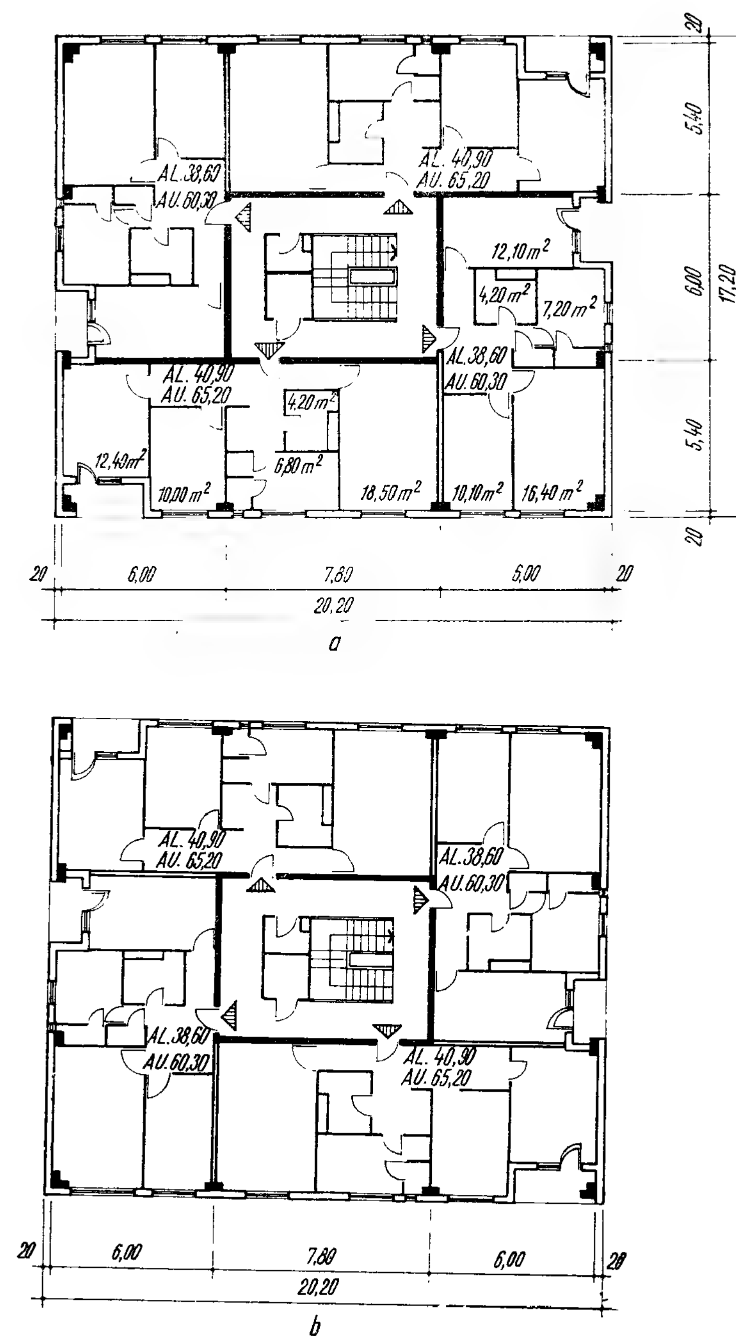


Fig. 19.28. Planuri etaje curente pentru o clădire bloc-turn, destinată locuinţelor, cu P+10E şi structura de rezistenţă cu nucleu central din beton armat şi cu stîlpi pe contur:

a — plan etaj 2; 4; 6; 8; 10; *b* — plan etaj 1; 2; 3; 5; 7; 9.

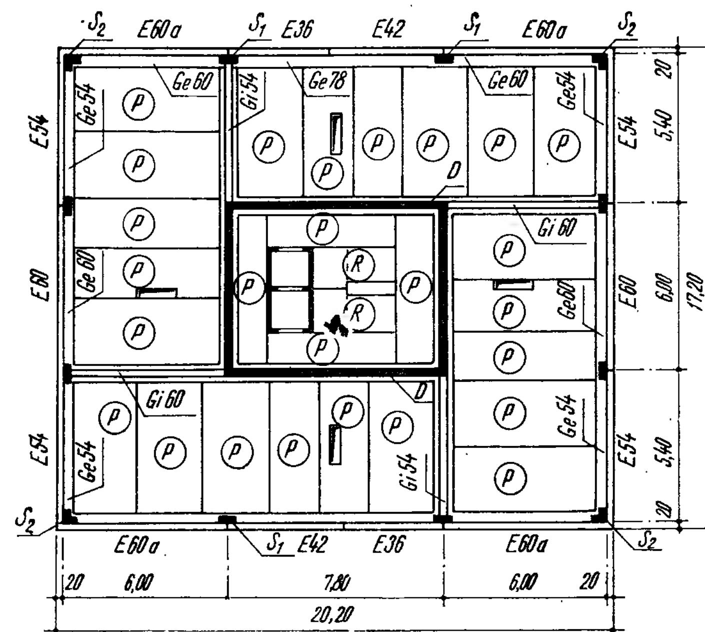


Fig. 19.29. Plan poză prefabricate de planşeu pentru clădirea de locuinţe din figura 19.28:

D – diafragmele nucleului central; S_1 – stilp curent pe contur; S_2 – stilp de colţ în formă de *L*; *E* – panouri mari prefabricate pentru pereţii exteriori; G_i – grinzi intermediare turnate monolit; G_e – grinzi prefabricate pe conturul exterior; *P* – fişii late prefabricate pentru planşeu; *R* – rampă prefabricată pentru scară.

Partea a şasea

LUCRĂRI DE FINISAJ PENTRU CONSTRUCŢII CIVILE

Capitolul 20

TENCUIELI

20.1. DEFINIŢIA ŞI ROLUL TENCUIELILOR

Tencuielile sînt elemente de finisaj care se aplică pe suprafaţa brută a pereţilor, tavanelor sau a altor elemente de construcţii, avînd rol decorativ, estetic, igienic şi de protecţie împotriva agenţilor exteriori (intemperii, radiaţii etc.) sau interiori (apă şi vapori de apă), a gazelor (în mediu industrial, în laboratoare etc.), focului şi a altor agenţi şi acţiuni chimice şi mecanice din mediul ambiant.

Tencuielile sînt lucrări care rămîn vizibile şi care determină aspectul final al construcţiei. Aspectul estetic şi decorativ se obţine prin realizarea planeităţii tencuielii, a suprafeţei şi culorii adecvate (ţinînd cont de condiţiile arhitectonice locale şi de tipul construcţiei), prin execuţia îngrijită a colţurilor, muchiilor, profilurilor etc. Rolul estetic al tencuielilor este primordial, însă el trebuie îmbinat armonios cu rolul de protecţie şi de conservare. Fiind plane sau cu asperităţi mici, tencuielile elimină posibilitatea acumulării prafului, a bacteriilor etc., în diverse goluri, ceea ce determină rolul igienic al tencuielilor. Totodată, tencuielile completează unele proprietăţi ale elementelor de construcţii, cum ar fi capacitatea de izolare termică şi fonică, protecţia împotriva şocurilor mecanice etc.

Apariţia şi evoluţia tencuielilor este strîns legată de rolul lor şi de evoluţia materialelor de construcţii folosite atît la elementele de rezistenţă, cît mai ales la tencuieli.

Realizarea, încă din cele mai vechi timpuri, a locuinţelor din piatră naturală sau artificială şi din lemn, a dus la necesitatea completării golurilor şi a rosturilor în scopul îmbunătăţirii capacităţii de izolare a elementelor (la transmiterea căldurii sau la trecerea aerului), al creării unor suprafeţe netede, mai plăcute şi mai uşor de întreţinut, al protejării clădirilor de influenţa agenţilor atmosferici.

La început, tencuielile au fost realizate din argilă, material curent utilizat care se aplica uşor dar care era sensibil la acţiunea umidităţii.

O etapă marcantă în evoluţia lucrărilor de tencuieli se realizează după descoperirea lianţilor minerali: ipsosul, varul şi cimentul, care au permis realizarea uşoară, pe cale umedă, a unor tencuieli rezistente şi durabile, fiind finisajul cel mai adecvat pentru elementele din zidărie sau din lemn. Prin protejarea lemnului cu ajutorul tencuielilor rezistente, se asigură durabilitatea lui, ceea ce a condus la folosirea pe scară largă a materialului lemnos în construcţii.

Vechile tencuieli pe bază numai de var se executau foarte îngrijit, varul se stingea cu luni de zile înainte de a fi întrebuinţat hidratîndu-se complet, mortarul se prepara cu multă grijă, nisipul se alegea de o anumită granulozitate,

fiind utilizat în proporții corespunzătoare. Se luau măsuri ca tencuiala proaspătă să fie menținută în stare umedă, în special în timpul verii, pentru ca să nu crape.

Atît în antichitate cît și în evul mediu, mortarul se prepara pentru clădirile importante, ca pentru lucrările de artă. Produsul finit se prezenta ca o tencuială foarte rezistentă, lipsită de tensiuni interioare și permeabilă la vapori de apă. Astfel de tencuieli se mențineau mult timp în stare bună, opuneau eroziunii atmosferice o rezistență remarcabilă și asigurau totodată un schimb de umiditate normal în structura peretelui.

Odată cu apariția cimentului și adăugarea lui în mortarele de var, condițiile de preparare a acestora s-au complicat, timpul de priză s-a modificat iar masa mortarelor se contractă sau se umflă, apărînd, uneori, microfisuri.

Odată cu apariția zugrăvelilor decorative, s-au produs unele schimbări în modul de comportare al tencuielilor. Dacă zugrăveala exterioară este etanșă la migrația vaporilor de apă, se schimbă radical regimul de umiditate al elementului și al tencuielilor, ceea ce conduce la degradarea lor. Spoielile subțiri s-au comportat bine, permițînd trecerea vaporilor de apă, ceea ce explică faptul că zugrăvelile exterioare de var s-au răspîndit așa de mult.

În timpuri mai recente s-a trecut la tencuieli executate mai rapid, dintr-unul sau în două straturi, renunțîndu-se la a păstra mult timp varul pastă înainte de utilizarea lui, deoarece a început să se folosească var praf hidratat livrat în saci, care se transformă imediat în pastă prin amestecare cu apa.

Cerințele estetice au dus la dezvoltarea deosebită a tencuielilor exterioare, iar în cazul construcțiilor deosebite și a tencuielilor interioare. Astfel, au apărut o serie de tencuieli decorative, necesitînd materiale și tehnologii noi de execuție.

Scurtarea duratei de execuție a dus la tehnologia mecanizată a tencuielilor umede și la apariția tencuielilor uscate.

Cerințele privind protecția fațadelor clădirilor au introdus în practica construcțiilor soluții noi, folosindu-se culori de dispersie pe bază de rășini sintetice hidrofobe, de elastomeri (latexuri sintetice), de rășini siliconice (respingătoare de apă) etc. Prin realizarea unor astfel de tencuieli se urmărește obținerea unor finisaje hidrofobe la acțiunea umidității din exterior, permițînd în același timp difuzia vaporilor de apă din interior spre exterior.

20.2. CLASIFICAREA TENCUIELILOR

După poziția lor în construcție, se disting: tencuieli exterioare și tencuieli interioare.

După materialul suport pe care se aplică, tencuielile pot fi: pe cărămidă, pe beton greu sau ușor, pe zidărie din piatră, pe plăci și fîșii din beton celular autoclavizat sau din ipsos, pe șipci, pe trestie, pe rabiț, pe stufit, pe stabilit etc.

După tehnologia de execuție, tencuielile pot fi umede, semiumede sau uscate.

După rezistența la acțiunea umidității (apă sau o cantitate mare de vapori de apă), tencuielile se clasifică în:

— *tencuieli nerezistente* (de exemplu cele din var, ipsos sau din argilă);
— *tencuieli semirezistente* (din ciment + var);
— *tencuieli impermeabile* (cele sclivisite sau hidrofobe).

După modul de comportare la acțiunea undelor sonore, tencuielile pot fi fonoabsorbante sau neabsorbante fonic.

După modul de prelucrare a feței văzute, tencuielile se clasifică în:

— *tencuieli brute*, cu fața vizibilă prelucrată grosier, care se utilizează acolo unde nu se cer fețe perfect plane (subsoluri, calcane, poduri), avînd funcția principală de protecție;

— *tencuieli drișcuite* (obișnuite sau simple), la care paramentul trebuie să fie plan și se netezește în acest scop cu drișca. Se folosesc în mod curent la pereții clădirilor de locuit, magazine, birouri, clădiri de mică importanță etc.;

— *tencuieli gletuite*, care sînt tencuieli drișcuite acoperite cu glet (strat subțire de pastă de var sau ipsos, netezit cu drișca metalică). Au un aspect mai îngrijit, folosindu-se la încăperi de locuit, la săli de spectacole (teatre, cinematografe, cămine culturale), spitale etc. Tencuielile cu glet de ipsos se utilizează în special în scopul netezirii suprafețelor, care urmează a fi vopsite cu ulei (în băi, bucătării, săli cu aglomerații mari de oameni etc.);

— *tencuieli sclivisite* care se execută cu mortar de ciment iar fața vizibilă se prelucrează cu pastă de ciment, netezind-o cu o drișcă de oțel. Se folosesc la încăperi cu umiditate relativă interioară foarte ridicată (băi publice, spălătorii, cămine de vizitare etc.) sau la construcții pentru înmagazinarea anumitor lichide (rezervoare, bazine etc.);

— *tencuieli subțiri*, care sînt folosite pentru finisarea suprafețelor plane și netede ale elementelor de construcții din beton realizate în cofraje de inventar, a panourilor mari, a elementelor din azbociment etc. Se întrebuințează diferite paste (de exemplu *pasta GIPAC*) și vopsele care se aplică pe suprafețele respective cu șpaclul într-un strat de circa 1 mm grosime și care poate fi zugrăvit sau vopsit;

— *tencuieli decorative*, folosite la clădirile importante și monumentale amplasate mai ales pe arterele principale de circulație, ca de exemplu: la blocuri de locuințe cu mai multe niveluri, teatre, hoteluri, clădiri administrative importante, universități etc., care necesită o finisare deosebită a fațadelor. Aceste tencuieli sînt mai scumpe, dar necesită o întreținere mai redusă în timp și asigură construcției un finisaj și un aspect definitiv, fără a mai fi necesară o zugrăveală ulterioară. Aspectul estetic plăcut al tencuielilor decorative se obține prin compoziția mortarului, prin modul de aplicare și prin modul de prelucrare a feței văzute. Tencuielile decorative sînt, în general, colorate și culoarea lor se obține fie prin introducerea în mortarul stratului vizibil a unor coloranți, fie prin folosirea agregatelor obținute prin măcinarea unor roci colorate.

În funcție de aspectul feței văzute, tencuielile decorative pot fi:

— *tencuieli decorative simple*, care sînt tencuieli drișcuite cu stratul vizibil realizat din tinci obișnuit în care se adaugă o culoare;

— *tencuieli cu praf de piatră*, cu fața văzută drișcuită, executate cu mortar de praf de piatră, în loc de nisip, cu sau fără colorant;

— *tencuieli stropite*, la care pe fața drișcuită se adaugă prin stropire (manuală sau mecanizată) un strat de mortar de ciment fluid, obținîndu-se o față zgrunțuroasă, fără prelucrare ulterioară;

— *tencuieli în calcio-vecchio*, care au fața vizibilă cu ieșituri și adîncituri mai pronunțate și uniform repartizate pe suprafața tencuită. Stratul de tinci de 5 ... 8 mm grosime se prelucrează în stare plastică cu drișca, peria, buretele sau bidineaua;

— *tencuieli pieptănate*, care au fața văzută brăzdată în formă de linii paralele (hașuri) cu ajutorul unui pieptene metalic sau cu peria din sîrmă;

— *tencuieli în evantai*, ce se obțin prelucrînd tinciul cu ajutorul mistriei, care prin așezări repetate și rotiri pe un sfert de cerc formează aspectul de evantai;

— *tencuieli de terasit sau dolomit*, care folosesc amestecuri gata preparate. Terasitul este un amestec uscat de griș de marmură, nisip, ciment, mică și colorant, preparat în fabrici, care pe șantier se amestecă cu lapte de var. Terasitul se livrează în diferite culori și de diferite sorturi, în funcție de mărimea granulelor grișului de marmură (1 ... 6 mm). Cînd în locul grișului de marmură se folosește dolomit, atunci amestecul se numește dolomit. Tencuielile de terasit sau dolomit au fața uniform zgrunțuroasă, avînd vizibile grișul de marmură sau dolomitul și mica, care formează pe suprafață puncte lucitoare;

— *tencuieli din piatră artificială* sau *similipiatră*, care au fața văzută prelucrată pentru a obține aspect de piatră naturală. Fața tencuielii se poate prelucra în cîmp continuu sau împărțind suprafața ei în dreptunghiuri prin rosturi (asize), pentru a imita blocurile de piatră. Prelucrarea se poate face *prin frecare* cu o perie de sîrmă moale pentru îndepărtarea laptelui de ciment, *prin buceardare* cu un ciocan special denumit buceardă care are crestați dinți pe suprafața cu care se lovește, *prin pieptănare* sau *rașchetare* cînd se trag cu rașcheta prevăzută cu dinți, șanțuri verticale și *prin șpițuire*, care constă în cioplirea suprafeței tencuielii cu ajutorul spițului;

— *tencuieli în imitație de marmură* (*stuco-marmură*), la care stratul vizibil se execută din ipsos colorat, preparat cu apă și cu adaos de clei pentru încetinirea prizei și adus prin șlefuire și lustruire, după întărire, pînă la luciul de oglindă căpătînd aspectul marmurei; se folosesc numai la interior la finisarea pilaștrilor, stîlpilor, coloanelor și lambriurilor în încăperile clădirilor monumentale (holuri, săli de lectură, teatre etc.). În loc de ipsos se poate folosi varul, în care caz se adaugă praf și mozaic de marmură, ceară de albine, parafină, talc etc.;

— *tencuieli de mozaic lustruit*, care sînt realizate ca și pardoselile de mozaic; se utilizează la interior în încăperi umede și la exterior la socluri și parapete de scări;

— *tencuieli sgraffito*, la care pe stratul de grund se aplică două sau trei straturi de tinci de diferite culori și apoi, prin răzuire, se îndepărtează straturile superioare în locurile corespunzătoare modelului ales, obținînd un desen colorat în relief; se realizează pe suprafețele ornamentelor arhitectonice, ancadramentelor etc.;

— *tencuieli din marmor-rock*, care folosește marmor-rockul, un material în suluri, realizat prin aglomerarea pe un suport textil a granulelor de marmură de 0,5 ...1; 1 ... 2; 2 ... 3 mm, cu un liant incolor din rășini sintetice. Se fabrică în diferite culori, după culoarea naturală a marmurei, se livrează în fîșii (suluri) cu lățimea de 1 m, lungimea de 5 sau 10 m, iar grosimea variabilă în funcție de dimensiunile granulelor și se folosește la îmbrăcarea interioară și exterioară a pereților, constituind un finisaj decorativ cu aspect plăcut și care poate înlocui cu succes tencuiala din terasit sau dolomit.

20.3. CONDIȚII TEHNICE PENTRU TENCUIELI

Condițiile tehnice impun tencuielilor anumite proprietăți legate de domeniul de aplicare, de cerințele de exploatare etc.

Condițiile capitale, legate de durabilitate, determină menținerea în timp a caracteristicilor fizice, chimice și mecanice ale tencuielilor, avînd în vedere condițiile mediului ambiant. Durabilitatea tencuielilor trebuie corelată în același sens cu durabilitatea construcțiilor și a elementelor de construcții. Această

condiție se pune mai pregnant tencuielilor exterioare, unde mediul acționează prin îngheț-dezgheț, umiditate, acțiunea biologică a microorganismelor, coroziune etc. În cazul tencuielilor interioare, problema durabilității se pune prin rezistența lor la foc, iar în cazul încăperilor speciale, prin rezistența la acțiunea chimică a substanțelor din mediul înconjurător.

Condițiile mecanice, deși privesc în special elementele de rezistență și construcțiile în ansamblu, se pot considera și în cazul tencuielilor, astfel:

— în cazul tencuielilor impermeabile, formarea fisurilor nu este permisă, de aceea se vor folosi materiale cu contracție mică sau se va prevedea o armare pentru preluarea eforturilor de întindere;

— se impune o anumită valoare aderenței dintre tencuială și stratul suport pentru evitarea desprinderii în cazul unor acțiuni mecanice.

Condițiile fizice și igienice de exploatare au un rol important în cazul tencuielilor. Tencuielile completează rezistențele termice și fonice ale elementelor și permit menținerea, în condiții igienice, a elementelor.

Condițiile de ordin arhitectural-estetic sînt deosebit de importante deoarece ele determină aspectul final al construcției prin calitatea finisajului, prin culoare etc.

Condițiile economico-organizatorice sînt importante deoarece lucrările de tencuieli necesită o cantitate mare de manoperă și de aceea, în scopul reducerii manoperei și creșterii productivității muncii, se impun metode mecanizate și tehnologii noi de execuție a tencuielilor, cu eliminarea proceselor umede.

20.4. TENCUIELI UMEDE

20.4.1. ALCĂTUIREA TENCUIELILOR UMEDE

În general, tencuielile umede sînt alcătuite din trei straturi: șprițul, grundul și stratul vizibil sau tinciul (fig. 20.1).

Șprițul este primul strat și are ca scop să asigure o suprafață rugoasă pentru legătura bună a tencuielii cu suprafața suport. Se execută dintr-un amestec de consistență fluidă 9...12 cm, în grosime de 2...3 mm, preparat din ciment, apă și uneori nisip. Șprițul se aplică pe toate tipurile de suprafețe, cu excepția zidăriei din cărămidă, unde în general nu se execută.

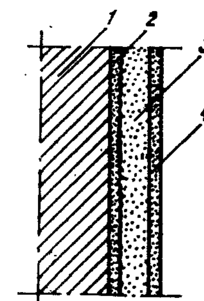


Fig. 20.1. Alcătuirea tencuielilor umede:
1 – strat suport; 2 – șpriț; 3 – grund; 4 – strat vizibil (tinci).

Grundul este stratul cel mai gros al tencuielii și servește pentru acoperirea neregularităților suprafeței sau remedierea abaterilor de la verticală (la pereți) și de la orizontală (la tavane). Se realizează din mortar mai consistent (7...8 cm), care se aplică pe șprițul întărit în una sau două reprize (0,8 cm grosime pentru o repriză).

Stratul vizibil (*tinciul*) se aplică pe grundul întărit și umezit în prealabil și are ca scop să dea forma și aspectul definitiv tencuielii. Grosimea tinciului, compoziția și consistența mortarului sînt în funcție de modul de prelucrare al paramentului (în vederea realizării unor tencuieli obișnuite sau decorative).

Mortarele pentru tencuieli se clasifică după natura liantului de bază și a adaosului, astfel:

— *mortare pe bază de var* (de var, de var-ipsos, de var-ciment, de tras-var);

— *mortare pe bază de ciment* (de ciment, de ciment-var, de ciment-argilă);

— *mortare pe bază de ipsos* (de ipsos, de ipsos-var);

— *mortare pe bază de lianți sintetici* (materiale plastice).

Mărcile și condițiile tehnice ale mortarelor și agregatelor pentru tencuieli sînt date în standardele 1 030—70, 2 634—70, 5 582—72 și 790—73.

În compoziția mortarelor intervin materiale de bază (lianți, agregate, apă) și materiale auxiliare (coloranți, plastifianți, întîrzietori de priză etc.).

Lianții folosiți la prepararea mortarelor pentru tencuieli pot fi:

— lianți aerieni sau nehidraulici (varul gras, argila și ipsosul pentru tencuială);

— lianți hidraulici (cimentul, varul hidraulic).

Agregatele au rolul de a micșora contracția liantului, de a mări rezistența mecanică și a economisi liant. În mod curent, se folosește nisip de rîu, praf de piatră, griș de marmură, terasit, dolomit, zgură, rumeguș, puzderie etc. Nisipul pentru tencuieli trebuie să aibă granule cu dimensiuni mai mici de 1...3 mm, să provină din roci dure, să fie curat (fără urme de sulf, argilă și adaosuri organice), să nu conțină părți levigabile în cantitate mai mare de 3...8% (pentru tencuieli obișnuite) sau 1% (pentru tencuieli decorative). Pentru grundul tencuielilor obișnuite se poate folosi și nisipul din zgură concasată. Grișul (cu granulația 0,3...5 mm) și praful de piatră (cu granule mai mici de 0,3 mm) se obțin prin concasarea rocilor de diferite culori (marmură și calcar) și prin ciuruirea lor cu diferite site.

Apa folosită la prepararea mortarelor se utilizează numai pe baza determinărilor de laborator pentru cunoașterea compoziției în vederea evitării prezenței acizilor și a deșeurilor minerale.

Pe lîngă materialele de bază, în componența mortarelor intră și alte materiale, cum ar fi: coloranți, întîrzietori de priză, plastifianți.

Uneori, pentru pregătirea suprafețelor suport sînt necesare o serie de materiale auxiliare, cum ar fi:

— plasă de rabiț, din sîrmă de oțel zincat (diametrul 0,5...0,8 mm), avînd ochiuri de 1,6...2 cm;

— plasă metalică (metal întins), fabricată din foi de tablă de 0,5....3 mm grosime, în care s-au practicat tăieturi, rezultînd după întindere ochiuri rombice;

— oțel-beton (Ø6 ... 8 mm), utilizat pentru scheletul de fixare al plasei de rabiț;

— sîrmă zincată (Ø2 ... 2,5 mm), folosită sub formă de mustăți fixate de armătura planșeului (înainte de turnarea betonului), de care se suspendă rețeaua de oțel-beton pentru rabiț. Se folosește la mascarea conductelor, a grinzilor sau a unor spații tehnice;

— sîrmă zincată (Ø1,5 ... 2 mm), pentru legarea plasei de rabiț de scheletul de susținere;

— șipci de 3,8 × 2,2 cm și țesătură de trestie pentru tencuieli pe straturi suport din lemn etc.

Tencuielile se aplică după ce au fost executate lucrările în roșu. Începerea executării tencuielilor este în funcție de terminarea tasării construcției și de uscarea aproape totală a stratului suport.

După pregătirea suprafețelor, care trebuie să fie plane, să asigure aderența, să fie uscate și rigide, se trece la executarea tencuielilor. Suprafețele din zidărie se umezesc în prealabil, pentru a se evita absorbția excesivă a apei din mortar. Pereții cu schelet din lemn se acoperă cu șipci de lemn de 2,2 × 3,8 cm la distanțe de 2...4 cm și orientate la 45°. Pregătirea suprafețelor cu rabiț apare necesară la tencuieli pe metal, la tavane plane pentru mascarea grinzilor de planșeu (fig. 20.2), la mascarea conductelor etc. Dacă este necesar să se mărească rezistența mecanică a colțurilor, acestea se armează cu colțare metalice din tablă (fig. 20.3). În mod obișnuit, la o construcție se începe cu executarea tencuielilor interioare și numai după uscarea acestora se trece la realizarea celor exterioare.

Executarea propriu-zisă a tencuielilor cuprinde trasarea și aplicarea mortarului pe suprafețele suport.

Trasarea se face în scopul de a stabili verticalitatea, în cazul pereților, orizontalitatea, în cazul tavanelor și planeitatea suprafețelor, urmărind a obține o grosime cît mai redusă a tencuielii. Trasarea cuprinde punctarea și executarea stîlpișorilor sau fixarea reperelor. *Punctarea* constă în aplicarea pe suprafața de tencuit a unui număr de martori realizați din mortar, astfel ca fața acestor martori să corespundă cu fața grundului. Între martori se execută stîlpișori (fîșii), care servesc pentru nivelarea grundului cu ajutorul dreptarelor. Martorii și reperele se execută din mortar pe bază de ipsos sau pot fi înlocuiți cu piese de inventar metalice sau din lemn.

Șprițul se aplică manual prin aruncarea cu putere a mortarului cu canciocul sau cu o mătură pe suprafața de tencuit sau mecanizat cu ajutorul pompelor de mortar, astfel încît să formeze un strat cît mai subțire, continuu pe întreaga suprafață. Stratul de șpriț nu se nivelează. La suprafețele de rabiț nu se aplică șpriț, ci un strat suport pentru grund, care se numește *șmir* executat din mortar de var cu ipsos sau var cu ciment, după cum este și mortarul grundului. Șmirul se aplică apăsîndu-l cu dosul mistriei pe plasa de rabiț, astfel ca să intre bine în ochiurile plasei și nu se nivelează.

Grundul se aplică numai după ce șprițul (sau șmirul) s-a întărit. La zidăriile din cărămidă grundul se aplică, în general, direct pe zidăria umezită în prealabil, în cazul cînd aceasta este foarte uscată. Grundul se aplică manual într-un singur strat, prin aruncarea cu putere a mortarului pe suprafețele de tencuit cu can-

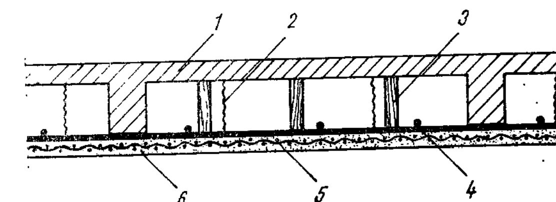


Fig. 20.2. Tavan pe rabiț:
1 — planșeu din beton armat; 2 — mustăți de legătură; 3 — popi de distanțare; 4 — vergele de oțel-beton; 5 — plasă de rabiț; 6 — tencuială.

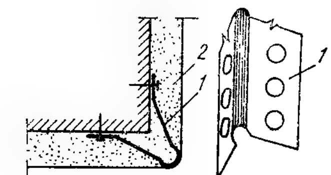


Fig. 20.3. Protecția colțurilor cu profiluri metalice:
1 — profil din tablă zincată; 2 — tencuială.

ciocul, mistria sau fărașul sau se aplică mecanizat cu pompe de mortar sau mașini de tencuit.

Aplicarea mortarului pe perete se face între stîlpișori, în fîșii orizontale, începînd de jos în sus, într-un strat cît mai uniform și de grosimea stîlpișorilor, apoi cu ajutorul dreptarului, ținîndu-l în poziția orizontală și sprijinit pe doi stîlpișori, se nivelează mortarul prin mișcări orizontale de du-te-vino și deplasîndu-l treptat de jos în sus, pentru ca surplusul de mortar să se adune pe dreptar. După prima nivelare se completează golurile rămase și se nivelează din nou. La tavane, execuția se face în mod identic, însă pe orizontală.

Stratul vizibil se aplică după uscarea grundului (sau albirea lui la tencuielile pe bază de var), începînd cu tavanul. Dacă grundul este complet uscat, acesta se stropește cu apă înainte de aplicarea stratului vizibil. La tencuielile exterioare, înainte de aplicarea stratului vizibil, se execută toate profilurile fațadei.

În funcție de natura stratului vizibil (simplu, stropit, de terasit etc.) se stabilește și tehnologia de execuție.

20.5. ADERENȚA TENCUIELILOR UMEDE LA STRATUL SUPORT

Durabilitatea, în condiții de exploatare a finisajelor și în special a celor exterioare, este în funcție de o serie de fenomene fizice, mecanice și chimice legate de interacțiunea suport-finisaj, dintre care cel mai important este aderența.

Fenomenele care se produc la aplicarea tencuielilor trebuie analizate din punctul de vedere al fizicii moleculare. Totodată se va avea în vedere că un rol important în fenomenul de aderență îl are natura suportului, porozitatea și rugozitatea lui, precum și consistența mortarelor, dozajul de ciment, granulozitatea agregatului etc.

Natura aderenței trebuie explicată prin fenomene fizice la nivel de moleculă. În mortar, din cauza deformării învelișului electronic, centrul de greutate al nucleelor atomilor (cu sarcină electrică pozitivă) nu mai coincide cu centrul de greutate al sistemului de electroni (cu sarcină electrică negativă), astfel că molecula de mortar se transformă într-un micromagnet (molecule polarizate, dipol). Între moleculele mortarului și suprafața suport se nasc forțe de legătură de tip Van der Waals, care deși sînt mult mai mici (cîțiva W/moleculă gram), decît cele corespunzătoare legăturilor chimice, au totuși o deosebită importanță la realizarea fenomenului de aderență datorită mulțimii moleculelor (fig. 20.4).

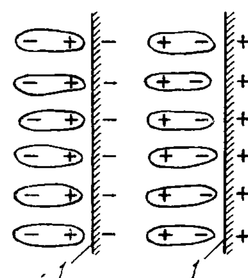


Fig. 20.4. Orientarea moleculelor dipol ale mortarului în raport cu natura suprafeței suport:
1 – suprafața stratului suport.

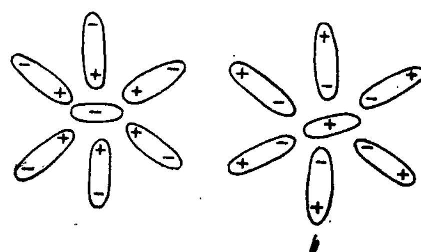


Fig. 20.5. Gruparea orientată a dipolilor de apă în jurul suprafeței unei particule de clincher:
a – micel format pe particule negative; *b* – micel format pe particule pozitive.

Moleculele din componența mortarului care se polarizează cel mai ușor sînt moleculele de apă, alte particule de dimensiuni microscopice (particule de clincher în curs de hidratare, microparticule de praf din partea fină a nisipului etc.), avînd sarcini electrice, pot fi centre de polarizare, formîndu-se miceli (fig. 20.5). Ansamblul particulelor de clincher-nisip și dipoli de apă, care compun mortarul unei tencuieli, formează o *structură micelară*.

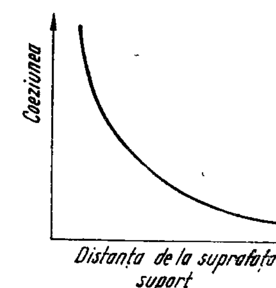


Fig. 20.6. Variația coeziunii în funcție de distanța față de suprafața de separație.

Un astfel de mortar sau o pastă preparată cu apă poate fi privită în stare proaspătă ca o suspensie coloidală de particule în apă, care se supun legilor fizicii coloidale, atunci cînd sînt puse în contact cu suprafața fațadelor.

Adeziunea inițială a mortarelor proaspete pe suprafața suport este efectul produs de tensiunea superficială care ia naștere între mortar și suprafața fațadei. Această tensiune superficială se produce ca urmare a efectului de polarizare (de orientare, implicit de atracție sau repulsie electrostatică) dintre moleculele mortarului și suprafața suport, polarizare generată de apariția forțelor Van der Waals.

Se poate spune că adeziunea mortarelor este un fenomen molecular (fenomen de interfață) la care tensiunea superficială apărută datorită stării proaspete a acestora este neapărat necesară. Adeziunea crește treptat de la zero pe măsură ce mortarul se întărește și se transformă în aderență, care este un fenomen ce reflectă coeziunea moleculară, caracteristic stării solide. Coeziunea moleculară este un fenomen electrochimic, fiind în funcție de natura materialelor care au fost puse în contact, deci în mod implicit intervine și tipul legăturilor chimice. În principiu, coeziunea scade odată cu creșterea distanței față de suprafața de separare dintre mortar și stratul suport (fig. 20.6) și este mai puternică dacă numărul moleculelor de apă este mai mare la mortare fluide și șpriț; o plasticitate exagerată conduce însă la curgerea mortarului pe suprafața suport.

Pe lîngă fenomenul electrochimic care asigură o aderență corespunzătoare, aceasta se poate mări datorită porozității suprafeței suport care absoarbe apă, lianților și solvenților din compoziția mortarului. Această difuziune și întrepătrundere a stratului de finisaj în porii suprafeței produce și o ancorare mecanică. Pe suprafețele lise de beton aderența este mai redusă, fiind numai de natură electrochimică.

Din punct de vedere chimic este necesar să existe compatibilitate între materialele care vin în contact; în caz contrar se produce desprinderea tencuielii de stratul suport, de exemplu, la contactul dintre ciment și ipsos, aluminatul de calciu hidratat din compoziția cimentului intră în reacție cu sulfatul de calciu hidratat din compoziția ipsosului și formează hidrosulfat aluminat de calciu expansiv, care duce la degradarea tencuielii. În cazul tencuielilor bazate pe adezivi sau aditivi din polimeri, polimerul trebuie astfel ales încît să fie compatibil cu natura suportului; în caz contrar, în special la straturi suport din beton, se produce un proces de saponificare a polimerului, ceea ce contribuie la compromiterea aderenței.

O importanță mare la conlucrarea tencuială-strat suport o au fenomenele reologice, contracția și curgerea lentă, care provoacă deformarea elementului

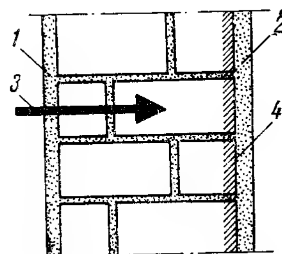


Fig. 20.7. Reprezentarea schematică a modului de formare a condensului în spatele unei tencuieli exterioare, impermeabilă la vapori de apă:

1 — tencuială interioară; *2* — tencuială exterioară; *3* — sensul de difuzie a vaporilor de apă; *4* — suprafața de condens.

suport. Acestea intervin, în special, în cazul mortarelor rigide aplicate pe pereții proaspăt executați, care suportă încărcări verticale mari. Se recomandă ca în cazul clădirilor cu pereți din zidărie sau din beton armat executați cu ajutorul cofrajelor glisante, tencuielile să se execute după terminarea curgerii lente și contracției pereților.

Condițiile higrotermice ale mediului (temperatură și umiditate) exercită influențe importante asupra aderenței, în special în cazul tencuielilor exterioare și al celor interioare din încăperi cu umiditate relativă ridicată. Acțiunea mediului asupra aderenței se manifestă prin starea de eforturi ce poate interveni ca urmare a dilatărilor și contragerilor diferite ale tencuielii și elementului suport.

Pe timp de iarnă, comportarea tencuielii exterioare este influențată de regimul de umiditate al mediului interior. Se știe că vaporii de apă migrează prin perete de la interior spre exterior, trecînd spre temperaturi din ce în ce mai scăzute, ceea ce duce la mărirea pericolului de condens. Dacă tencuiala exterioară nu permite trecerea vaporilor, ea se comportă ca o barieră de vapori. Mărindu-și cantitatea, vaporii de apă vor condensa în acest caz în spatele tencuielii exterioare (fig. 20.7). Prin înghețarea și mărirea volumului apei de condens, aderența este compromisă și totodată, apa de condens poate antrena sărurile minerale, pătînd fațada clădirii. Se recomandă ca tencuielile exterioare să fie alcătuite din materiale poroase, iar în cazul unor umidități interioare mari să fie oprită circulația vaporilor cu ajutorul barierelor de vapori dispuse la interior.

20.6. TENCUIELI USCATE

Tencuielile umede, executate prin folosirea mortarelor plastice, au o serie de dezavantaje, cum ar fi:

— introduc în încăperile unde se aplică, o mare cantitate de apă. Pentru evacuarea apei, operație necesară uscării tencuielilor, se cere un timp îndelungat, ceea ce împiedică continuarea altor lucrări de finisaj (spoieli, zugrăveli etc.), iar pe timp friguros, pentru ca tencuielile să fie ferite de îngheț și pentru ca să se grăbească uscarea lor, este necesară încălzirea încăperilor tencuite;

— apa introdusă în încăperile tencuite, odată cu mortarele, are uneori influențe negative asupra altor lucrări, ca tîmplăria, parchetul etc., deoarece lemnul absorbind umiditatea din cameră, se umflă, iar ușile și ferestrele nu se mai închid, fiind necesară ajustarea lor;

— necesită un volum mare de manoperă.

Folosirea tencuielilor uscate constituie o posibilitate de industrializare a lucrărilor de tencuieli, avînd următoarele avantaje:

— economie de material și manoperă;

— rapiditate în execuție prin eliminarea proceselor umede;

— execuție mecanizată.

Tencuielile uscate se pot folosi la încăperile construcțiilor de locuințe, social culturale, industriale etc. Au dezavantajul că nu se pot utiliza la încăperi cu umiditate relativă interioară mare (în general, peste 60%) și nici în exterior. Se pot aplica pe suprafețe de zidărie, beton, lemn etc.

20.6.1. ALCĂTUIREA TENCUIELILOR USCATE

Tencuielile uscate sînt realizate din plăci prefabricate de mărime medie sau mare sau din fîșii confecționate din ipsos și agregate (în special fibre vegetale cu rol de armătură) sau din plăci fibrolemnoase.

Procesul de întărire a tencuielilor prefabricate este epuizat în fabrici, pe șantier făcîndu-se numai montarea lor.

20.6.2. PREFABRICATE PENTRU TENCUIELI USCATE

Plăcile prefabricate sînt realizate din ipsos și materiale organice, au forme dreptunghiulare: 0,70...1,50 m lățime, 1,0...3,6 m lungime și 0,8...1,2 cm grosime. Se prezintă în următoarele tipuri:

— *plăci de ipsos armate cu carton*, confecționate din ipsos și rumeguș (3% în greutate), căptușite pe ambele fețe cu carton, în scopul măririi rezistenței la transport și montaj și de a evita formarea fisurilor la fixarea cu cuie;

— *plăci din materiale organice* confecționate prin presare din ipsos, deșeuri de lemn și cînepă, tratate chimic pentru a le asigura rezistența la apă și foc; suprafața plăcilor poate fi definitiv finisată sau brută, în acest caz pe șantier realizîndu-se șpacluirea și finisarea prin zugrăvire;

— *plăci ghipso-organice*, alcătuite din ipsos și fibre organice (cînepă, trestie) în proporție de 6...10%, cu dimensiunile 0,6....0,8 m lățime și 3,0...3,5 m lungime.

Pentru a mări capacitatea de izolare termică a panourilor de tencuială, nisipul de rîu se poate înlocui cu nisip ușor, zgură expandată de furnal, granulit etc., mortarul tencuielii realizîndu-se, de exemplu, din o parte var la patru părți zgură, cu adaos de ipsos pînă la 40% (în volume).

20.6.3. MONTAJUL TENCUIELILOR USCATE

Fixarea plăcilor prefabricate de tencuială uscată se poate realiza cu:

— cuie zincate cu diametrul de 2 mm și lungimea de 30 mm, pe suport de lemn;

— lipire cu mortar de ipsos;

— lipire cu mastic de bitum.

În cazul fixării plăcilor prin cuie, pe tavan și pe pereți se montează întîi un schelet din șipci dispuse pe două direcții perpendiculare, la distanțe stabilite în funcție de dimensiunile plăcilor și astfel ca rosturile dintre plăcile de tencuială să cadă pe șipci (fig. 20.8 și 20.9). Scheletul astfel realizat trebuie să determine suprafețe perfect plane, orizontale la tavane și verticale la pereți. Fixarea scheletului pe elemente din zidărie se face în dibluri sau șipci înzidite. În cazul elementelor din beton sînt lăsate șipci înglobate la turnarea betonului. La elemente din lemn, șipcile sînt prinse cu cuie direct pe elementul de rezistență.

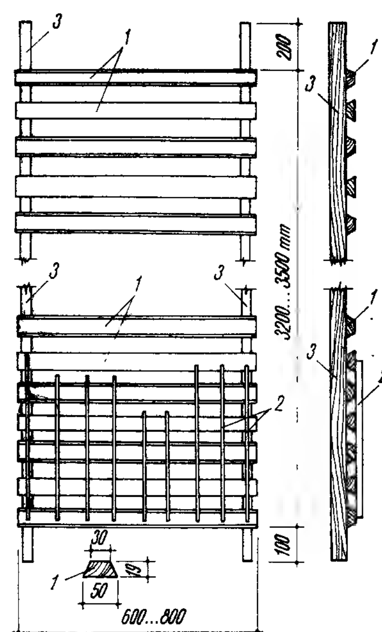
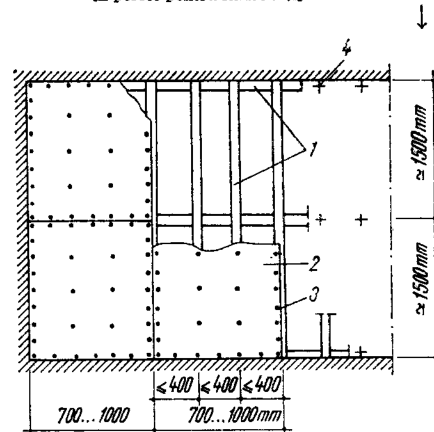


Fig. 20.8. Schelet din șipci pentru tencuieli uscate din plăci de ipsos:

1 — șipcă trapezoidală; 2 — fîșii de șindrilă sau rogojină de trestie; 3 — grinzișoare.
←

Fig. 20.9. Fixarea cu cuie a plăcilor de tencuială uscată:

1 — șipci; 2 — plăci prefabricate; 3 — cuie; 4 — dibluri în perete pentru fixarea șipcilor.
↓



Lipirea plăcilor din ipsos și carton se poate realiza cu ipsos, în diverse moduri:

— direct pe peretele suport cînd suprafața de finisat este plană și regulată;

— pe fîșii de ghidare, orizontale și verticale, din mortar de var cu ipsos, ipsos sau ipsos și carton;

— prin puncte, sistem indicat la plăcile de dimensiuni mici, care se acoperă ulterior cu tapete și constă din turte de ipsos de 5...10 cm diametru, dispuse pe ambele direcții la 30...40 cm în lungul laturilor plăcilor.

Lipirea se poate realiza și cu mastic de bitum preparat la rece din emulsii de bitum, sticlă solubilă și cretă măcinată, pe fîșii din mortar de ipsos sau de tencuială uscată.

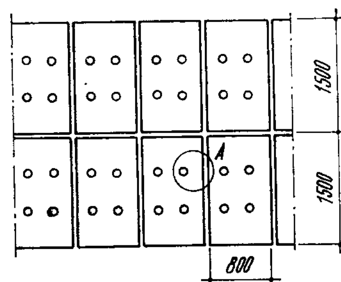


Fig. 20.10. Fixarea cu ipsos a plăcilor de tencuială uscată:

1 — placă de ipsos; 2 — găuri în placă pentru fixare de stratul suport; 3 — pastă de ipsos.

Pentru a evita tasarea, desprinderea sau crăparea plăcilor, se recomandă ca montarea lor să se facă după tasarea structurii de rezistență a construcției.

După aplicarea plăcilor, fața vizibilă a lor se finisează prin astuparea rosturilor, după care se zugrăvesc. Rezultate mai bune la finisarea feței vizibile se obțin prin lipirea tapetelor.

Tencuieli uscate se pot realiza și din plăci de ipsos fără carton, cu dimensiunile de 1,50 × 0,80 m și grosimea de 10 mm, care au marginile teșite, iar în cîmp o serie de găuri tronconice pentru fixarea lor pe perete (fig. 20.10). După montarea lor provizorie, plăcile sînt fixate definitiv cu pastă de ipsos, introdusă prin găuri cu o pompă de mînă.

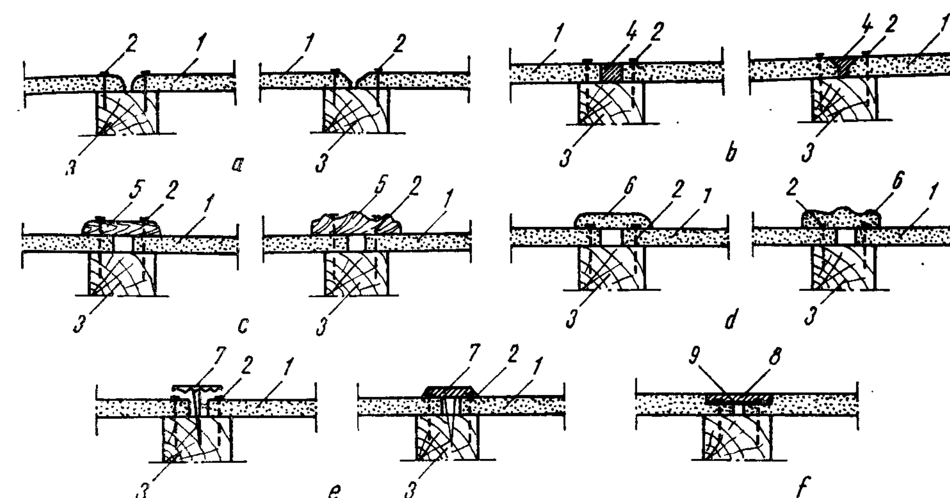


Fig. 20.11. Diverse sisteme de executare a rosturilor:

a — rosturi deschise; *b* — rosturi umplute cu mortar de ipsos; *c* — rosturi acoperite cu șipci din lemn; *d* — rosturi acoperite cu profiluri metalice; *e* — rosturi acoperite cu profiluri metalice sau din materiale plastice; *f* — rosturi acoperite cu tifon și chit; 1 — placă de tencuială uscată; 2 — cui pentru fixarea plăcilor; 3 — șipcă; 4 — rost umplut cu mortar din ipsos; 5 — profil din lemn; 6 — profil din ipsos; 7 — profil metalic sau din materiale plastice; 8 — chit; 9 — tifon.

Nu se recomandă folosirea în aceeași încăpere a tencuielilor umede și a celor uscate. Dacă totuși, în anumite cazuri se stabilește această soluție, în primul rînd se execută tencuielile umede, iar cele uscate se realizează după completa uscare a celor umede.

20.6.4. ROSTURILE TENCUIELILOR USCATE

În general, între plăcile montate rămîn rosturi de 3...4 mm care se prelucrează ulterior pe considerente estetice și igienice.

După modul de prelucrare, se pot distinge următoarele tipuri de rosturi:

— rosturi deschise, cărora nu li se mai aplică nici un tratament ulterior (fig. 20.11, *a*);

— rosturi aparente, care se prelucrează prin umplerea lor cu ipsos (fig. 20.11, *b*);

— rosturi acoperite cu șipci de lemn (fig. 20.11, *c*);

— rosturi acoperite cu profiluri de ipsos (fig. 20.11, *d*);

— rosturi acoperite cu profiluri metalice sau din materiale plstice (fig. 20.11, *e*);

— rosturi acoperite cu tifon și chit. Soluția se aplică în cazul plăcilor subțiate la margine (fig. 20.11, *f*).

Capitolul 21

PLACAJE

În loc de a fi finisați prin tencuire sau de a fi executați cu materiale aparente, pereții pot fi acoperiți cu plăci avînd proprietăți corespunzătoare cerințelor de protecție mecanică, de igienă, estetice, de absorbție acustică și izolare termică,

denumite *placaje*. Tehnica îmbrăcării construcțiilor cu placaje, cunoscută încă din antichitate, s-a dezvoltat mult în perioada actuală prin folosirea unui sortiment bogat de materiale. Comparativ cu alte sisteme de finisare, placajele sînt relativ scumpe dar permit realizarea de soluții estetice, calitativ superioare, iar investiția inițială se amortizează în timp datorită costurilor reduse de întreținere și a durabilității mari de exploatare.

Placajele se clasifică în raport cu *poziția în construcție* (exterioare sau interioare), *natura materialului utilizat* (piatră naturală, piatră artificială, lemn, materiale plastice, pîslă etc.), *forma, tehnologia de montare* etc. Funcțiunile placajelor depind în mare măsură de poziția în construcție (exterioare sau interioare), astfel că soluțiile constructive se stabilesc pe această bază.

21.1. PLACAJE EXTERIOARE

21.1.1. FUNCȚIUNILE PLACAJELOR EXTERIOARE

Acoperirea fațadelor cu placaje are ca scop obținerea unui aspect estetic deosebit și a unei durabilități foarte mari. În acest fel se evită lucrările periodice de întreținere care sînt necesare în cazul suprafețelor tencuite și zugrăvite.

Funcțiunile specifice ale placajelor exterioare sînt :

— de protecție și rezistență la intemperii (vînt, ploaie, grindină, zăpadă, variații de temperatură, decolorare și îmbătrînire datorită radiațiilor solare etc.);

— de asigurare a unui regim de umiditate convenabil al peretelui prin favorizarea evacuării către exterior a apei inițiale de la execuția construcției, a celei din condens temporar și a celei din infiltrații locale;

— de creștere a capacității de izolare termică și a capacității de izolare acustică a peretelui;

— de asigurare a unei fațade estetice și durabile.

Studiul placajelor exterioare comportă :

— cunoașterea condițiilor climatice de solicitare (intensitatea ploii și a vîntului, variațiile de temperatură) și a factorilor chimici agresivi din atmosferă;

— determinarea caracteristicilor fizice ale materialului;

— analiza fenomenelor higrotermice considerînd ansamblul perete-placaj;

— stabilirea soluțiilor constructive și a tehnologiei de execuție.

21.1.2. ACȚIUNEA PLOII ASUPRA FAȚADELOR

Pentru aprecierea efectelor ploii asupra fațadelor trebuie cunoscute cantitățile anuale de precipitații sub formă de ploaie și zăpadă, cantitățile maxime de precipitații pentru perioade scurte (24 ore), direcția și viteza vînturilor precum și valoarea componentei orizontale a precipitațiilor atmosferice în direcția vînturilor dominante. Aceste date variază în raport cu amplasamentul construcției, orientarea fațadei, forma clădirii și alți factori locali (fig. 21.1 și 21.2).

Pentru calculul componentei orizontale S a ploii care atinge fațada sub acțiunea vîntului, în l/m², se recomandă relația :

$$S = N\frac{V_v}{V_r}, \qquad (21.1)$$

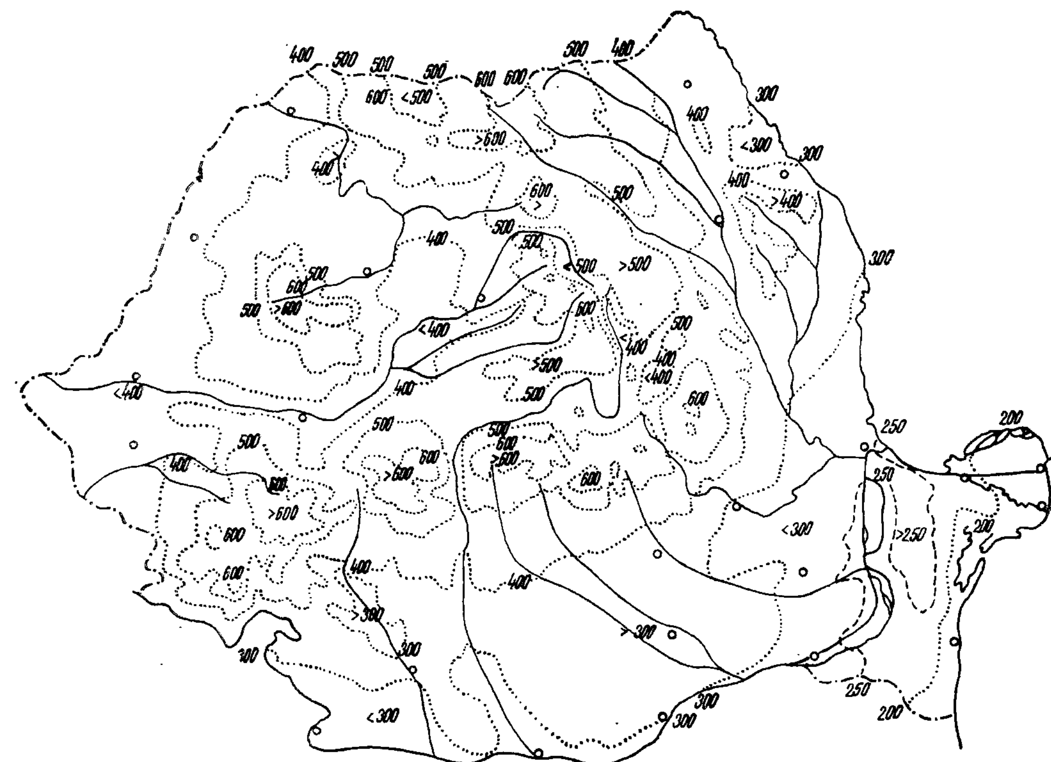


Fig. 21.1. Cantități de apă din precipitații, căzute pe teritoriul țării, în intervalul cald (1.04...30.09), media cantităților pentru perioada 1896...1915 și 1921...1955.

unde: N este cantitatea de precipitații fără considerarea vîntului, în l/m²;

V_v — viteza vîntului, în m/s;

V_r — viteza de cădere a picăturilor de apă (pentru picături mari, $V_r = 7...10$ m/s).

Cînd $V_v = 0$, $S = 0$; pentru $V_v = V_r$ pe suprafețele orizontale și verticale ajung cantități egale de apă. În figura 21.3 se dau valori privind direcția și viteza vîntului în R.S. România.

Cantitățile de apă calculate în acest fel sînt doar orientative, deoarece nu au la bază cîmpul real de viteze care se formează în jurul clădirii în timpul acțiunii vîntului. Observațiile efectuate în străinătate [59] și de autori arată că apa este proiectată de vînt cu precădere asupra părții superioare a construcțiilor (fig. 21.4. și 21.5), la colțurile fațadelor și pe acoperișurile terasă. Această distribuție este cu atît mai accentuată cu cît frontul de clădire expus la vînt este mai mare. Particularitățile acțiunii ploii asupra fațadelor pot fi înțelese urmărind felul cum se distribuie curenții de aer în jurul clădirii, care antrenează picăturile de apă și le distribuie cu precădere în anumite zone (fig. 21.6 și 21.7).

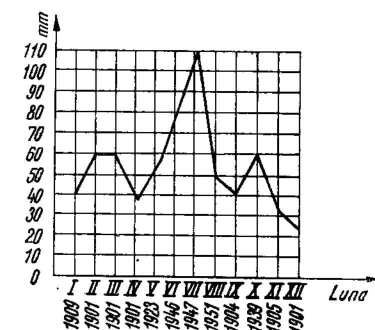


Fig. 21.2. Cantitățile maxime de apă căzute în timp de 24 de ore, în bazinul Prut pentru diversele luni din perioada 1896...1955.

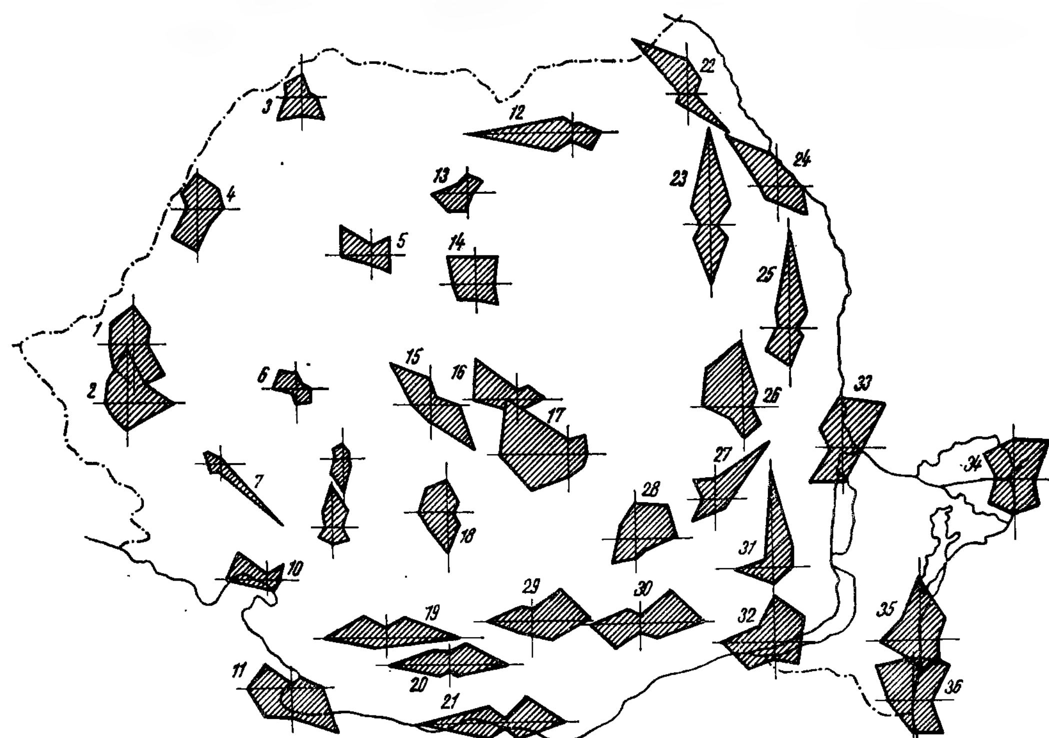


Fig. 21.3. Direcția vînturilor și viteza lor pe teritoriul R. S. România : roza vînturilor (prezentare grafică) și viteze medii anuale :

1 – Arad, *N*, v = 4,2 m/s ; *2* – Timișoara, *N*, v = 3,4 m/s ; *3* – Satu-Mare, *NV*, v = 3,1 m/s ; *4* – Oradea, *S*, v = 4m/s, *5* – Cluj-Napoca, *NV*, v = 4,3 m/s ; *6* – Deva, *NV*, v = 2,8 m/s ; *7* – Caransebeș, SE, v = 1,4 m/s ; *8* – Petroșeni, *S*, v = 7m/s ; *9* – Tg. Jiu, *N*, v = 2,7 m/s ; *10* – Drobeta-Tr. Severin, *NV*, v = 6,5 m/s ; *11* – Calafat, *SE*, v = 4,0 m/s ; *12* – Cîmpulung Moldovenesc, *V*, v = 4,1m/s ; *13* – Bistrița, *V*, v = 1,7 m/s ; *14* – Tg. Mureș, *NV*, v = 3,1 m/s ; *15* – Sibiu, *NV*, v = 3,1m/s ; *16* – Făgăraș, *NV*, v = 3,7m/s ; *17* – Vîrful Omul, *NV*, v = 8,1 m/s ; *18* – Rm. Vîlcea, *S*, v = 2,7 m/s ; *19* – Craiova, *E*, v = 4,5 m/s ; *20* – Caracal, *V*, v = 4,9 m/s ; *21* – Tr. Măgurele, *V*, v = 4,5 m/s ; *22* – Botoșani, *NV*, v = 3,8 m/s ; *23* – Roman, *NV*, v = 4,1 m/s ; *24* – Iași, *NV*, v = 4,2 m/s ; *25* – Bîrlad, *NV*, v = 4,1 m/s ; *26* – Odobești, *N*, v = 4,0 m/s ; *27* – Buzău, *NV*, v = 4 m/s ; *28* – Ploiești, *NE*, v = 2,6 m/s ; *29* – Slăvești, *E*, v = 3,2 m/s ; *30* – București ; *NE*, v = 4,5 m/s ; *31* – Grivița *N*, v = 5,3m/s ; *32* – Călărași *V*, v = 5,5 m/s ;, *33* – Galați, *NE*, v = 5,5 m/s ; *34* – Sulina, *N*, v = 5,3m/s ; *35* – Constanța, *N*, v = 5,3m/s ; *36* – Mangalia, *N*, v = 4,6 m/s.

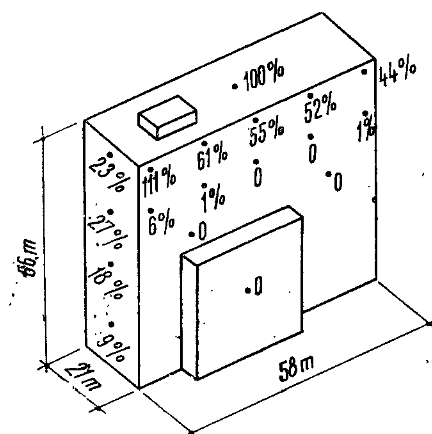


Fig. 21.4. Distribuția ploii pe o clădire izolată (cantități exprimate în procente după măsurători efectuate asupra unei clădiri la viteza vîntului de 4...7 m/s).

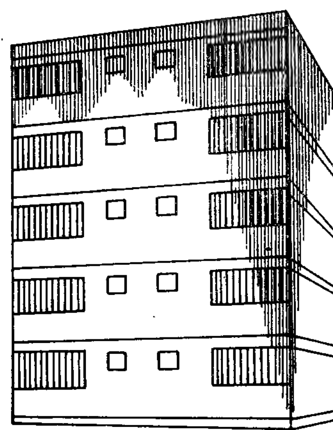


Fig. 21.5. Udarea fațadei unei clădiri, în urma unei ploi cu vînt (observații efectuate la Iași).

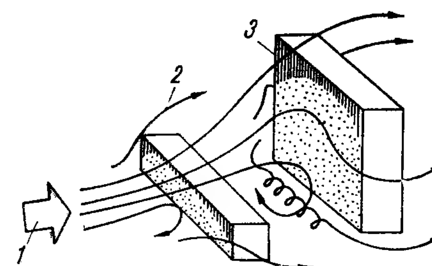


Fig. 21.6. Direcțiile curenților de aer în jurul unei clădiri înalte :

1 – direcția vîntului ; *2* – direcția curenților de aer ; *3* – porțiune din fațadă udată de ploaie.

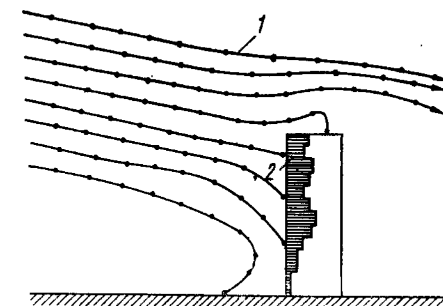


Fig. 21.7. Traiectoriile picăturilor de apă purtate de vînt pentru viteza vîntului de 20 m/s și diametrul picăturilor de apă de 1,5 mm :

1 – traiectoria picăturilor de apă ; *2* – diagrama cantităților de apă depuse pe fațadă (calcule efectuate pentru o clădire infinit lungă).

21.1.3. COMPORTAREA LA PLOAIE A PEREȚILOR PLACAȚI

În cazul pereților placați, comportarea la ploaie poate fi apreciată prin încercări asupra materialelor, asupra unor panouri sau prin observații pe clădiri deja executate.

Măsurarea sucțiunii apei, adică a capacității de absorbție a materialelor datorită forțelor capilare, se efectuează lăsînd să cadă pe suprafața respectivă 0,5 cm³ apă și măsurînd în secunde timpul necesar pentru ca apa să se infiltreze. Se obțin valori eșalonate între 1 și 3 600 secunde, în funcție de materialul încercat. Metoda este utilă pentru a pune în evidență și compara calitatea tratamentelor superficiale.

Măsurarea penetrației apei se efectuează cu ajutorul unui tub cilindric gradat care se umple cu apă pînă la înălțimea de 12 cm pentru ca în acest fel să se exercite o presiune egală cu cea a vîntului pe timp de furtună (fig. 21.8).

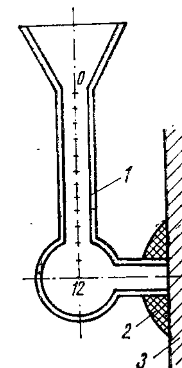


Fig. 21.8. Tub manometric pentru măsurarea penetrației de apă :

1 – tub de sticlă cu secțiunea de 1 cm² ; *2* – chit ; *3* – fațadă.

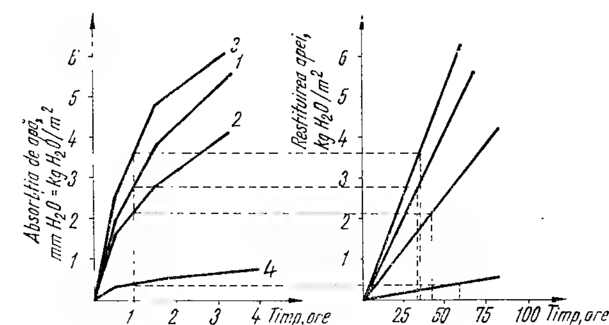


Fig. 21.9. Diagramele de absorbție și restituire a apei pentru diverse finisaje ale fațadelor :

1 – tencuială pieptănată ; *2* – tencuială drișcuită ; *3* – tencuială stropită ; *4* – tencuială cu adaos de impermeabilizare.

După 10 minute se citeşte cantitatea de apă preluată de perete. Măsurătorile se repetă în mai multe puncte, inclusiv la fisuri şi rosturi.

Măsurarea timpului de revenire la umiditatea iniţială urmăreşte să pună în evidenţă nu numai capacitatea de absorbţie a apei ci şi pe cea de restituire a acesteia către exterior (uscarea prin faţadă). Peretele care revine cel mai repede la umiditatea iniţială se consideră cel mai bun din punct de vedere higrotermic. Încercarea se efectuează prin simularea artificială a ploii. În figura 21.9 se prezintă rezultatele unor încercări privind capacitatea de absorbţie şi de restituire a apei la diverse tipuri de finisaje ale faţadelor.

21.1.4. MIGRAŢIA VAPORILOR DE APĂ PRIN FAŢADELE PLACATE

Din considerentul protecţiei împotriva infiltraţiilor de apă şi pentru estetică, placajele se acoperă cu straturi impermeabile sau se execută în întregime din materiale impermeabile. Din această cauză respiraţia peretelui către exterior poate fi blocată sau mult redusă şi drept consecinţă creşte riscul de condens în timpul iernii şi scade posibilitatea de uscare a peretelui spre exterior.

Pentru verificarea la condens a peretelui cu placaj trebuie stabilită permeabilitatea medie a suprafeţei (plăci şi rosturi). Considerînd o faţadă acoperită cu placaj smălţuit (p%, din suprafaţă) şi cu rosturi de mortar (r%) şi notînd cu K_p şi K_r permeabilităţile la vapori (μ/d) respective, permeabilitatea medie la vapori, K_m, a placajului va fi:

$$K_m = \frac{K_p p + K_r r}{100}, \tag{21.2}$$

întrucît la placajele impermeabile $K_p \simeq 0$, rezultă:

$$K_m = \frac{r}{100} K_r. \tag{21.3}$$

Se pot trage următoarele concluzii:

— permeabilitatea la vapori a faţadelor acoperite cu placaje impermeabile de dimensiuni mici (plăcuţe smălţuite, clinchere) depinde de permeabilitatea K_r a mortarului din rosturi şi de procentul r de suprafaţă ocupată de acesta;

— cînd plăcile sînt mari, influenţa rosturilor asupra permeabilităţii medii la vapori este neglijabilă deoarece $r \approx 0$.

În cazul cînd placajul este puţin permeabil la vapori, riscul de condens poate fi atenuat sporind rezistenţa la permeabilitate la vapori a straturilor de la suprafaţa interioară a peretelui exterior, de pildă prin dispunerea unei bariere de vapori. Rămîne însă nesoluţionată uscarea peretelui spre exterior, pentru eliminarea apei de la realizarea construcţiei şi a eventualelor infiltraţii din ploi. Se poate chiar observa că bariera de vapori împiedică uscarea spre interior, deci un perete de acest fel nu se va putea usca şi va deveni cu timpul din ce în ce mai umed.

O situaţie neplăcută apare dacă un îngheţ puternic surprinde mortarul din spatele placajului îmbibat cu apă; în acest caz plăcile se desprind şi cad, procesul accelerîndu-se treptat. La degradarea faţadei mai contribuie şi variaţiile de temperatură, solicitările exagerate ale structurii suport, rigidităţile inegale ale pereţilor, aderenţa redusă între plăci şi stratul suport (mai ales la pereţii din beton). Chiar dacă aceste cauze nu sînt suficiente pentru a determina desprinderea plăcilor, eforturile pot provoca fisuri prin care pătrunde apa din ploi, ceea ce favorizează distrugerea placajului prin fenomenul de îngheţ-dezgheţ.

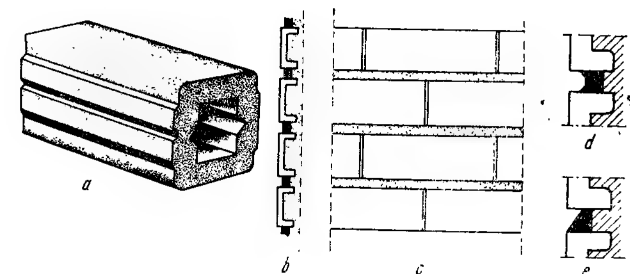


Fig. 21.10. Placaj din cărămizi ceramice, speciale, dublu presate:
a – cărămidă dublă de placaj; *b* – secţiune printr-un perete placat; *c* – vederea unui perete placat; *d* – rost orizontal intrînd care favorizează reţinerea apei; *e* – rost orizontal care permite scurgerea apei.

În analiza comportării placajelor exterioare este necesar să se ţină seama că pătrunderea apei din exterior prin fisuri se face rapid, datorită forţelor capilare care acţionează asupra fazei lichide, în timp ce uscarea este un proces de difuzie a vaporilor, mai lent.

21.1.5. PLACAJE CU CĂRĂMIZI SPECIALE FĂRĂ MIEZ

Aceste placaje se aplică frecvent la pereţi din zidărie de cărămidă eficientă şi la pereţi din beton monolit (fig. 21.10).

Infiltraţiile de apă ce pot apare la astfel de paramente sînt favorizate de:

— rosturile verticale care rămîn deschise, fără mortar şi nechituite;

— forma nefavorabilă a rosturilor orizontale, necorespunzător finisate, care creează prag de reţinere a apei;

— fisurile din masa mortarului de rostuială şi de la suprafaţa de contact cu placajul (fisuri provocate de un dozaj necorespunzător sau de o uscare prea rapidă, dar şi de cauzele enumerate anterior ca dilatări diferite ale materialului de bază şi placajului etc.);

— imperfecţiunile geometrice ale materialului ceramic de placaj, care contribuie la mărirea infiltraţiilor prin rosturile verticale.

Situaţia poate fi ameliorată dacă se execută cu atenţie rostuiala orizontală şi dacă se chituiesc rosturile verticale. Cele mai bune rezultate se pot obţine executînd rostuieli din mortar hidrofob cu adaos de săpun metalic şi dispersie de răşini sintetice acrilice [48].

Se recomandă, ca la clădirile înalte, suprafeţele acoperite cu astfel de placaje să nu fie orientate în direcţia vînturilor dominante.

21.1.6. PLACAJE CU CĂRĂMIZI SPECIALE PLINE

Pentru a îmbunătăţi comportarea pereţilor exteriori, sub aspectul rezistenţei la infiltraţii şi la îngheţ, se recurge uneori la executarea paramentului vizibil din cărămidă specială clincherizată care nu poate absorbi apa şi nu este permeabilă la vapori de apă; restul grosimii pereţilor se execută cu cărămidă obişnuită (fig. 21.11).

Dacă rosturile sînt cît de puţin permeabile la apă şi au un volum mic, umiditatea critică a mortarului este repede atinsă; nefiind reţinută de către cără-

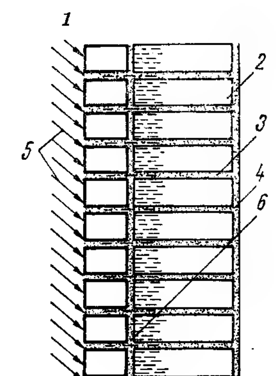


Fig. 21.11. Perete placat cu cărămizi clincherizate:
1 – cărămidă impermeabilă; *2* – cărămizi poroase; *3* – mortar în rosturi; *4* – tencuială; *5* – picături de ploaie; *6* – porţiune pe care se poate produce condens.

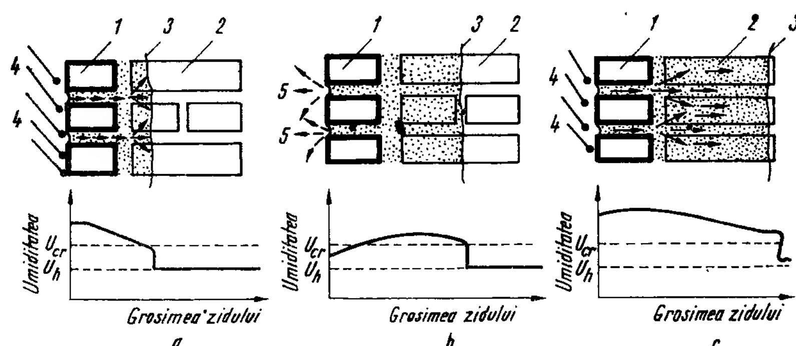


Fig. 21.12. Perete acoperit cu placaj impermeabil, mecanismul infiltrării apei prin rosturile permeabile care conduce la o umezire progresivă:

a – distribuția umidității în timpul ploii; *b* – distribuția umidității după ploaie; *c* – distribuția umidității la o nouă ploaie; U_h – umiditatea de echilibru higroscopică; U_{cr} – umiditatea critică; *1* – cărămidă impermeabilă; *2* – cărămidă poroasă; *3* – limita zonei umezită puternic; *4* – picături de ploaie; *5* – evaporare în atmosferă.

mizile clincherizate, care nu o pot absorbi, apa din ploi se îndreaptă capilar spre partea interioară a peretelui unde ajunge repede, circulînd prin rosturi ca prin niște canale. După fiecare ploaie, umiditatea crește progresiv deoarece uscarea nu este posibilă decît spre fața interioară, prin cărămizile obișnuite și rosturi și numai foarte puțin înapoi spre exterior, prin rosturi (fig. 21.12). Infiltrația de apă va fi cu atît mai importantă cu cît rosturile vor fi mai capabile de a absorbi apa prin sucțiune capilară și cu cît vor prezenta mai multe defecțiuni: fisuri, desprinderi, găuri etc. La fenomenele descrise se adaugă și o tendință accentuată de condens în masa peretelui, în zona de contact dintre cele două feluri de cărămidă, căci acest tip de perete încalcă principiul după care permeabilitatea la vapori trebuie să crească de la interior spre exterior. O situație analogă se prezintă și la pereții de cărămidă sau beton acoperiți spre exterior cu alte tipuri de placaje impermeabile la vapori de apă.

Astfel de pereți nu se comportă satisfăcător decît cu condiția de a avea o grosime mare și de a fi executați la încăperi cu umiditate mică (școli, birouri).

La aceste tipuri de placaje rosturile se pot executa:

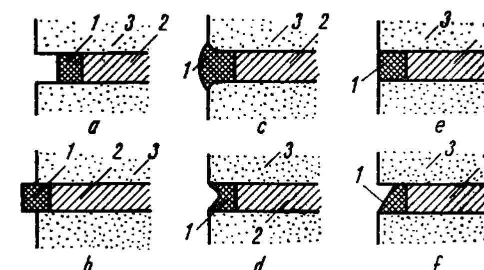
— *cu mortare impermeabile, etanșe,* care opresc infiltrațiile de apă urmărindu-se realizarea unui perete perfect impermeabil pentru apa din ploi, atît la rosturi cît și în cîmp. Apariția unor fisuri în mortarul din rosturi poate anula măsurile de etanșare favorizînd condensul, în timp ce uscarea nu se poate efectua decît spre interior. Placaje cu mortar impermeabil în rosturi se folosesc la clădiri monumentale, cu pereți foarte groși și în încăperi mari, bine încălzite și ventilate;

— *cu mortare hidrofobe poroase,* obținute prin adaos de săpunuri metalice și rășini acrilice care deși împiedică infiltrațiile din ploi, asigură totuși o capacitate suficientă de respirație spre exterior prin rosturi, permițînd eliminarea apei din condens. Dispunerea unei bariere de vapori pe fața interioară a peretelui îmbunătățește sensibil comportarea higrotermică a ansamblului perete-placaj.

Spre a corespunde cerințelor de protecție la ploaie, forma rosturilor nu trebuie să conducă la colectarea apelor, deci picăturile să nu staționeze pe pragul creat de rost. Urmărind figura 21.13 se observă că rosturile retrase (fig. 21.13, *a*) sau ieșite (fig. 21.13, *b*) rețin apa și deci nu pot fi recomandate; cele mai

Fig. 21.13. Rosturi la placaje:

a – rost retras; *b* – rost ieșit din planul peretelui; *c*; *d* – rosturi cu racordări prelungite; *e* – rost umplut pînă la fața peretelui; *f* – rost cu pantă de scurgere a apei; *1* – rostuială; *2* – rost umplut cu mortar; *3* – placaj.



bune forme de rosturi sînt cele lise (fig. 21.13, *e*) și cele cu pantă (fig. 21.13, *f*). Picăturile de apă alunecă spre placaj și acolo se infiltrează mai greu, sfîrșind prin a se evapora. Rostuieli cu racorduri prelungite (fig. 21.13, *c*, *d*) nu sînt recomandabile deoarece mortarul în straturi subțiri se usucă prematur și fisurează înainte de a se putea întări. Grosimea rosturilor trebuie să fie mai mare de 1 cm pentru a nu împiedica variațiile dimensionale ale blocurilor și pentru ca rostul să se poată adapta acestora fără a fisura. Grosimea minimă a rosturilor se stabilește și în funcție de mărimea plăcilor; rosturile prea subțiri, mai ales cele verticale, nu pot fi umplute cu mortar, chiar dacă blocurile au fețe regulate. Apa găsește atunci spații libere prin care poate pătrunde mai ușor, împinsă de vînt.

Cauza cea mai frecventă de pătrundere a apei în rosturile placajului o constituie fisurarea mortarelor și desprinderea lor de plăci. Mortarele prea bogate în ciment măresc tendința de contracție și deci riscul de fisurare, iar cele cu prea puțin ciment nu rezistă la îngheț și la solicitări mecanice. Din această cauză, soluția optimă este utilizarea unor mortare obișnuite: în rosturi se recomandă mortar mixt cu 150 ... 175 kg var și 200 ... 250 kg ciment Portland la m^3 de nisip, iar pentru rostuieli, mortar de ciment cu dozaj 500 kg ciment la m^3 de nisip fin cernut. Cantitatea de apă trebuie să fie cît mai mică pentru a nu accentua tendința de contracție a mortarului, dar totuși suficientă pentru aplicarea lui.

În același timp este necesar ca întărirea mortarului să se desfășoare numai în regim umed. Absorbția apei din mortar de către zidărie (cu atît mai accentuată cu cît zidăria este mai poroasă) sau uscarea prematură a mortarului de către soare, vînt sau aer uscat determină arderea mortarului care devine sfărîmicios, plin de fisuri și se desprinde de placaj. De aceea materialul pentru placare trebuie stropit abundent la punerea în operă și înainte de rostuire. La nevoie, fațada se protejează de soare și vînt, eventual se stropește periodic pînă la terminarea întăririi mortarului. Rezultate negative se obțin însă și atunci cînd mortarul din rosturi vine în contact cu plăci îmbibate excesiv cu apă deoarece pelicula superficială împiedică contactul și aderența mortarului cu plăcile de placaj.

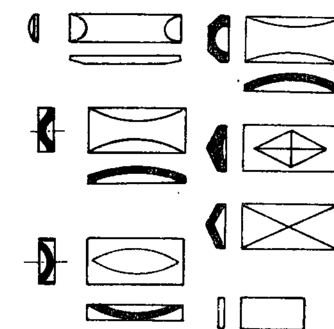


Fig. 21.14. Plăci ceramice CESAROM.

21.1.7. PLACAJE CU PLĂCUȚE CERAMICE SMĂLȚUITE CESAROM ȘI CU PLĂCUȚE DIN STICLĂ

Aceste tipuri de placaje permit realizarea unor fațade viu colorate, deosebit de estetice. Plăcuțele au forme variate (fig. 21.14), plane sau reliefate,

pătrate, dreptunghiulare sau hexagonale. Plăcuţele de format mic se livrează sub formă de panouri, lipite cu faţa glazurată pe panouri de hîrtie cu dimensiunile 35 × 35 × 2 cm.

Fixarea plăcilor se face cu mortar bucată cu bucată la plăcile mari iar în cazul plăcilor mici prin lipirea unor panouri cu hîrtia spre exterior; ulterior hîrtia se desprinde prin umezire. Înainte de fixare, atît zidăria cît şi plăcuţele se umezesc. Rosturile se execută cu mortar de ciment alb sau colorat cu adaos de aracet.

În ceea ce priveşte comportarea acestor placaje la acţiuni climatice şi condens, sînt valabile observaţiile de la punctul 21.1.6 cu menţiunea că suprafaţa de rosturi este relativ mare, ceea ce permite o anumită respiraţie a peretelui spre exterior.

21.1.8. PLACAJE DE PIATRĂ NATURALĂ

Acestea sînt lucrări costisitoare şi din această cauză utilizarea lor se limitează la clădirile cu caracter monumental iar execuţia se încredinţează unor intreprinderi specializate. Se poate folosi orice piatră care rezistă la acţiunile climatice şi a cărei prelucrare este posibilă, dar mai ales se utilizează marmură de Alun, Ruşchiţa, Căprioara, Gura Văii, Moneasa, plăci din piatră de Banpotoc sau travertin de Borsec şi Cărpiniş, în grosime de pînă la 5 cm. Plăcile se fixează cu crampoane de oţel şi mortar de ciment M 100 iar rosturile se umplu cu mortar de ciment alb amestecat cu praf de marmură (fig. 21.15).

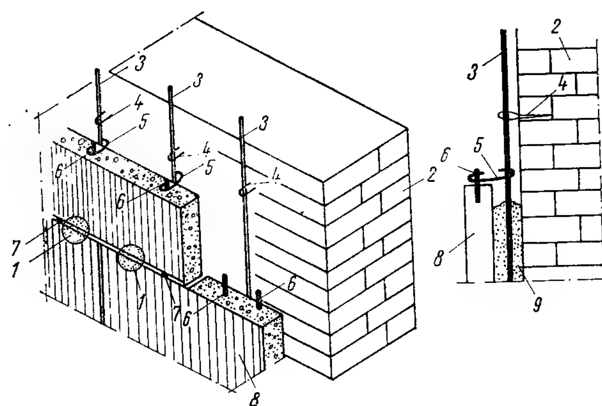
La proiectarea placajelor de piatră se au în vedere următoarele aspecte:

— greutatea mare a placajului necesită reazeme de susţinere la fiecare nivel, în dreptul planşeelor;

— placajele se execută după ce s-au consumat tasările iniţiale ale construcţiei, deoarece rigidităţile placajelor din piatră naturală şi a structurii de rezistenţă sînt diferite.

21.1.9. PLACAJE DIN PLĂCI MOZAICATE

Acestea repezintă o soluţie de înlocuire a pietrei naturale cu plăci prefabricate din beton armat mozaicate şi se utilizează mai ales la socluri. Placajul poate servi şi drept cofraj pierdut (fig. 21.16).



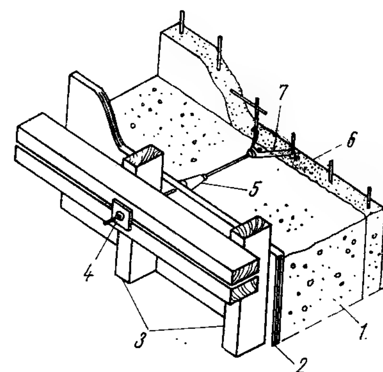


Fig. 21.15. Placaj de piatră naturală:

1 – fixare provizorie cu ipsos; *2* – zidărie executată în prealabil; *3* – bare verticale din oţel-beton; *4* – mustăţi de ancorare; *5* – cîrlige de prindere; *6* – dornuri de oţel; *7* – pene provizorii de lemn; *8* – plăci din piatră naturală; *9* – mortar pentru fixare definitivă.

Fig. 21.16. Placaj mozaicat, utilizat drept cofraj pierdut:

1 – beton turnat monolit; *2* – cofraj din placaj sau piatră; *3* – chingi; *4* – plăcuţă de repartiţie; *5* – tirant cu nucă conică; *6* – dală mozaicată prefabricată, prevăzută cu mustăţi; *7* – ancoraj

21.1.10. PARAMENTE CU STRAT DE AER VENTILAT

Pereţii cu strat de aer ventilat reprezintă soluţii moderne, aplicate pe scară largă în S.U.A. şi în ţările din Europa, pentru avantajele pe care le oferă din punctul de vedere al comportării higrotermice în condiţii de vară şi de iarnă. Funcţionarea acestor pereţi poate fi înţeleasă avînd în vedere principiile enunţate anterior privind comportarea diferitelor paramente la acţiunea ploii şi luînd în consideraţie efectul stratului de aer ventilat (fig. 21.17). Circulaţia aerului se realizează datorită unui efect similar cu acela de coş, sub influenţa diferenţelor de temperatură, atît iarna cît şi vara, efectul vîntului fiind mic. Se obţine astfel:

— drenarea activă a vaporilor de apă şi deci uscarea continuă a peretelui;

— împiedicarea pătrunderii ploii în partea interioară a peretelui;

— un efect favorabil de răcire în timpul verii.

Din punct de vedere constructiv, stratul de aer trebuie amplasat cît mai aproape de faţa exterioară a peretelui care este doar un ecran (foaie de tablă sau azbociment, zidărie subţire, panou prefabricat etc.) de protecţie la intemperii. În figura 21.18 sînt prezentate exemple de realizare a pereţilor din zidărie sau

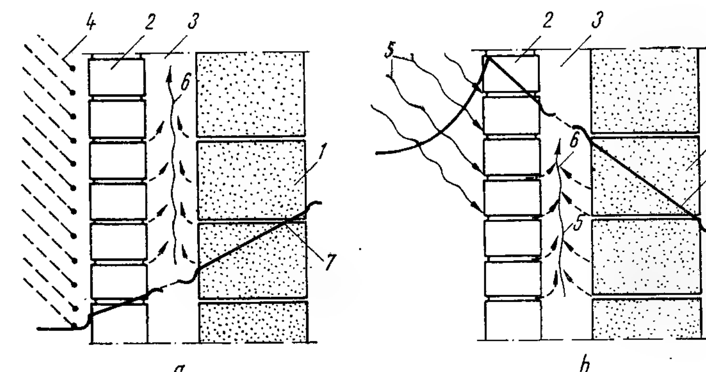


Fig. 21.17. Pereţi placaţi, realizaţi cu strat de aer ventilat:

a – diagrama temperaturilor în condiţii de iarnă; *b* – diagrama temperaturilor în condiţii de vară sub efectul însoririi; *1* – perete de rezistenţă; *2* – placaj; *3* – strat de aer ventilat; *4* – picături de ploaie; *5* – raze solare; *6* – curent de aer; *7* – diagrama de temperaturi.

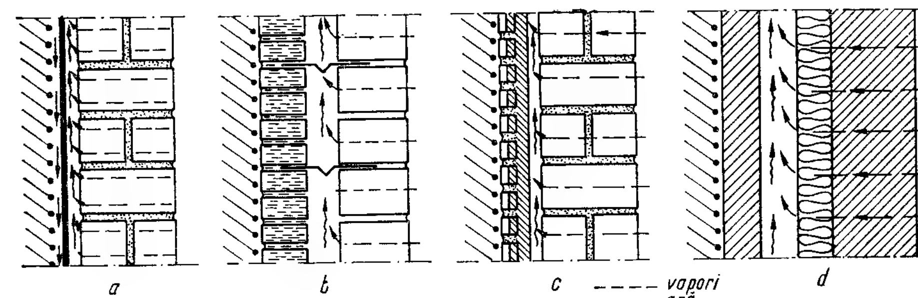


Fig. 21.18. Pereţi cu strat de aer ventilat:

a – perete cu strat de protecţie din tablă sau azbociment; *b* – perete cu strat de protecţie din zidărie de cărămidă aparentă; *c* – perete cu strat de protecţie din plăci de beton armat îmbrăcat cu materiale ceramice, impermeabile; *d* – perete cu strat de protecţie din beton aparent.

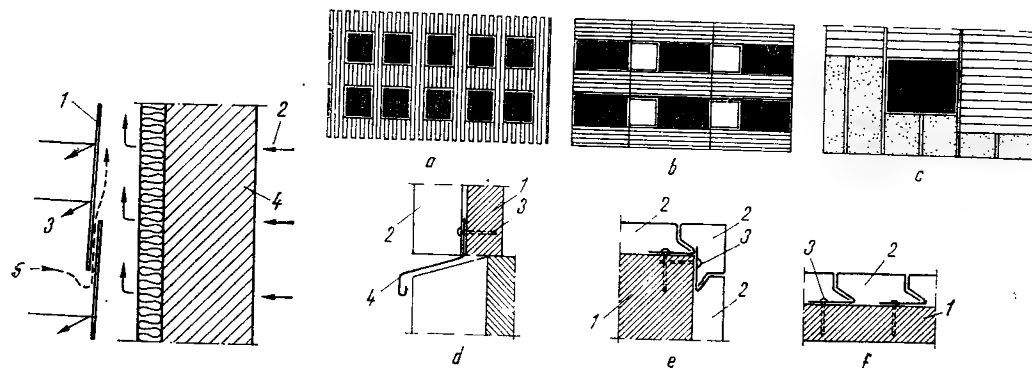


Fig. 21.19. Perete ventilat, protejat cu plăci de azbociment :

1 — azbociment fixat pe rigle; *2* — flux de căldură și vapori de apă; *3* — radiație solară; *4* — perete de beton cu izolație termică; *5* — circulația aerului.

Fig. 21.20. Fațade acoperite cu placaj din table profilate de aluminiu fixate pe șipci :

a; *b* — vederi de ansamblu; *c* — vedere în timpul execuției; *d*; *e*; *f* — detalii de principiu pentru parapet, colț și zonă curentă; *1* — perete de rezistență; *2* — profil din tablă de aluminiu; *3* — șurub de fixare; *4* — solbanc din tablă.

beton cu strat de aer ventilat. Buna funcționare a acestor structuri poate fi asigurată numai cu respectarea unor reguli de alcătuire constructivă specifice, care au fost verificate practic în diverse țări, unde s-a acumulat o experiență suficientă.

Variante ale acestor tipuri de protecții exterioare, care pot fi considerate placaje, sînt posibile din azbociment (fig. 21.19) sau din tablă inoxidabilă (fig. 21.20). Astfel de placaje prezintă un interes deosebit deoarece sînt ușoare, estetice, se montează uscat și au consum redus de manoperă.

21.2. PLACAJE INTERIOARE

Suprafața interioară a pereților poate fi acoperită total sau parțial cu placaje în scop decorativ, pentru satisfacerea unor cerințe de igienă (suprafețe netede care să poată fi spălate), pentru protecția împotriva apei (în încăperi umede) sau a unor agenți chimici agresivi (acizi, baze), în vederea îmbunătățirii calităților acustice ale unor încăperi (tratamente fonoabsorbante) etc. Soluțiile adoptate diferă în raport cu funcțiunile preconizate și cu materialele folosite.

21.2.1. PLACAJE CU FUNCȚIUNI DECORATIVE, IGIENICE ȘI DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA APEI

21.2.1.1. **Placaje de faianță**. Se folosesc frecvent în spitale, băi, spălătorii, grupuri sanitare, pentru a împiedica pătrunderea apei în pereți și pentru a permite o întreținere ușoară prin spălare. Plăcile cu modele colorate asigură și un finisaj decorativ.

Plăcile de faianță se dispun pe un suport rigid (zidărie, beton) și se fixează cu mortar de ciment M 100, cu adaos de var pastă. În prealabil, plăcile se mențin 24 ore în apă iar suportul se umezește, asigurîndu-se în acest fel condiții

favorabile de întărire a mortarului. Dozaje prea mari de ciment, grosimi exagerate de mortar și condiții nefavorabile de întărire, care provoacă contracții mari sau premature, pot determina desprinderea placajului de faianță.

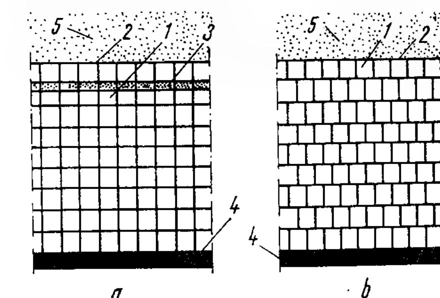


Fig. 21.21. Placaje de faianță :

a — fug pe fug; *b* — cu rosturi alternante; *1* — plăcuțe de faianță; *2* — margine rotunjită; *3* — brîu decorativ; *4* — plintă mozaicată; *5* — tencuială.

În mod obișnuit, placajele de faianță se execută pe o înălțime de 1,50 m de la pardoseală; la partea superioară se folosesc plăci cu marginea rotunjită iar la bază placajul se începe de deasupra unor plinte mozaicate sau realizate din marmură. În plan vertical, faianța iese cu 0,5...1,0 cm în afara tencuielii pe care o continuă. Sistemul de montare poate fi cu rosturi *fug pe fug* sau *alternate* (fig. 21.21). Rosturile se chituiesc cu mortar de ciment alb, fără nisip, eventual cu adaos de coloranți.

Placajele de faianță permit scurgerea apei pe suprafața peretelui dar nu constituie echivalentul unei izolații hidrofuge sau al unei bariere de vapori deoarece apa se poate infiltra prin rosturi.

21.2.1.2. **Placaje din înlocuitori de faianță**. Faianța poate fi înlocuită cu plăci de sticlă denumite *opaxit*, avînd mărimea 20 × 20 cm sau mai mari și 7...8 mm grosime, colorate, opace, cu marginile șlefuite, spatele striat și fața netedă, lucioasă. Plăcile de opaxit se fixează pe un strat de mortar de ciment M 100. Pentru plăci mari (peste 60 cm latura) se recurge la prindere cu șuruburi mascate, ca și pentru oglinzile din băi. Pereții interiori mai pot fi îmbrăcați cu gresie ceramică rezistentă la acizi, cu plăcuțe decorative tip CESAROM sau cu materiale plastice; mai puțin utilizată este îmbrăcarea pereților cu lambriuri de lemn în scop decorativ și de protecție împotriva uzurii prin frecare deoarece aceste tipuri de placări sînt scumpe.

21.2.2. TRATAMENTE FONOABSORBANTE

21.2.2.1. **Funcțiuni, randament, tipuri**. Tratamentele fonoabsorbante pot fi considerate tot ca placaje, deoarece se aplică pe suprafața interioară a pereților urmărind :

— reducerea nivelului de zgomot cauzat de o sursă amplasată chiar în interiorul încăperii respective (birouri mari, ateliere, săli de compresoare, țesătorii etc.);

— diminuarea unor fenomene de reflexie nedorite care dăunează calității audiției;

— atenuarea zgomotelor cauzate de public (șoapte, foșnet, tușit).

O parte din energia acustică ce ajunge la suprafața unui element de construcție este absorbită transformîndu-se în energie calorică prin frecări, iar restul este reflectat sau transmis mai departe :

$$E_{absorbit} = E - (E_{reflectat} + E_{transmis}). \tag{21.4}$$

Pentru un observator care se află în camera de emisie, energia reflectată rămîne în încăpere, iar restul este absorbită. Din punctul său de vedere, o fereastră

deschisă reprezintă suprafaţa cu capacitatea maximă de absorbţie acustică (coeficientul mediu de absorbţie sonoră $\alpha = 1$) deoarece aceasta nu restituie nimic din energia acustică prin reflexie. Materialele de construcţie şi placajele fonoabsorbante au capacităţi diferite de absorbţie a energiei acustice. Valorile coeficientului α variază şi în raport cu frecvenţa sunetului incident, astfel : suprafeţele poroase absorb, în special, sunetele ascuţite iar frecvenţele joase sînt absorbite de straturile groase de pîslă, de placajele din lemn şi de geamurile din sticlă. Pentru stabilirea capacităţii de absorbţie acustică se fac măsurători privind durata de reverberaţie în încăperi special construite.

Reducerea nivelului de zgomot prin tratamente acustice absorbante aplicate pe suprafaţa interioară a pereţilor şi tavanelor este limitată deoarece zgomotul pe care îl produce o sursă aşezată într-o încăpere nu poate fi coborît sub nivelul aceluia pe care aceeaşi sursă l-ar produce în aer liber, unde reflexiile lipsesc cu totul. Determinările arată că această diferenţă nu poate depăşi în nici un caz 10...15 dB (fig. 21.22).

În mod orientativ se dă relaţia :

$$\delta = 10 \log \frac{A_2}{A_1}, \qquad (21.5)$$

în care : δ este atenuarea zgomotului dintr-o încăpere, prin absorbţie acustică, ca urmare a creşterii suprafeţei de absorbţie de la A_1 la A_2, în dB ;
A — suprafaţa de absorbţie acustică sau capacitatea de absorbţie acustică, calculată cu relaţia : $A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \ldots + A' + A'' + \ldots$;
$S_1 \ldots S_n$ — suprafeţele elementelor de construcţie şi îmbrăcăminţilor, în m² ;
$A', A'' \ldots$ — capacitatea de absorbţie a persoanelor şi obiectelor, aflate în încăpere, în m².

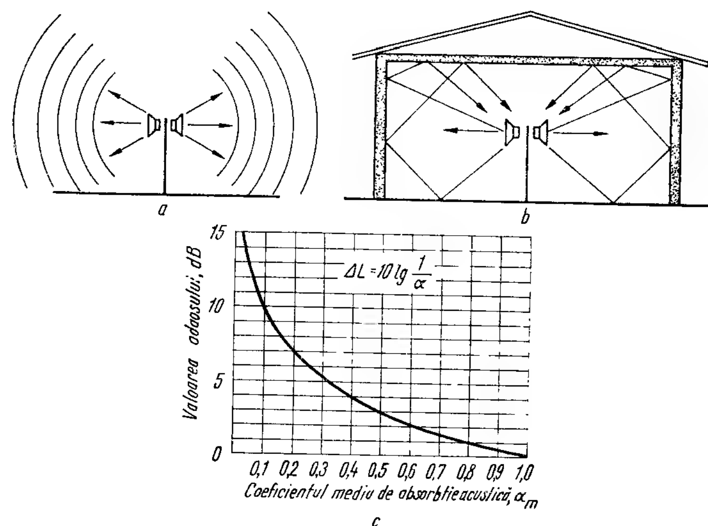


Fig. 21.22. Diferenţa de nivel de intensitate acustică cauzată de reflexie, în cazul a două surse identice :

a — zgomot în aer liber (fără reflexii) ; *b* — zgomot în spaţiu închis ; *c* — creşterea nivelului de zgomot, în interiorul unei încăperi, la diferite valori ale coeficientului mediu de absorbţie acustică α_m, în comparaţie cu nivelul zgomotului produs de aceeaşi sursă în exteriorul clădirii (în spaţiu liber fără reflexii $\alpha_m = 1$).

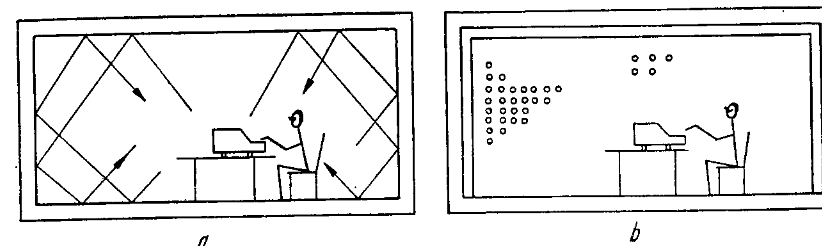


Fig. 21.23. Reducerea nivelului mediu de zgomot prin aplicarea tratamentelor fonoabsorbante la pereţi şi tavane :

a — cameră neizolată fonic ; *b* — cameră izolată fonic.

Dublarea capacităţii de absorbţie acustică a unei încăperi conduce la o reducere a nivelului de zgomot cu circa 3 dB. La o încăpere cu pereţi din beton, care sînt foarte reflectanţi ($\alpha = 0{,}02\ldots0{,}03$) aplicarea unor tratamente de bună calitate conduce la o reducere a nivelului de intensitate acustică cu cel mult 10 dB. Mărirea suplimentară a capacităţii de absorbţie acustică nu mai are influenţă apreciabilă. În practică, folosind tratamente obişnuite, acest efect este de numai 7...8 dB (fig. 21.23).

Trebuie observat că în încăperile foarte mari, aplicarea tratamentelor fonoabsorbante influenţează substanţial nivelul de zgomot abia în punctele situate la distanţă mare faţă de sursă, unde reflexiile sînt preponderente. În apropiere de sursă, efectul tratamentului se face simţit numai dacă aceasta este lîngă peretele sau tavanul tratat fonic.

Există o gamă bogată de materiale care se pot folosi la placaje pentru a mări suprafaţa de absorbţie acustică a unei încăperi. În raport cu mecanismul prin care se realizează transformarea energiei acustice în căldură, se pot distinge trei tipuri de bază : absorbanţi poroşi, rezonatori şi membrane oscilante.

21.2.2.2. **Placaje cu absorbanţi poroşi.** Absorbanţii poroşi distrug energia acustică transformînd-o în căldură prin frecarea cauzată de viscozitatea aerului care oscilează în porii materialelor. De aceea, este convenabil ca porii să formeze o reţea de goluri care comunică între ele. Proprietăţile de absorbţie depind de : grosimea şi forma plăcii, distanţa faţă de perete, frecvenţa sunetului şi evident, de suprafaţa, rigiditatea structurii interioare şi porozitatea materialului fonoizolant utilizat. Materiale utilizate ca absorbanţi poroşi sînt : produsele din vată minerală (saltele, fîşii, plăci plane pline sau perforate), plută expandată, granule de azbest, stabilit, PFL poros, îmbrăcăminţi de catifea, pluş şi pînză de sac etc. ; majoritatea dintre aceste materiale se folosesc sub formă de placaje.

De obicei, materialele poroase absorb mai puţin sunetele din domeniul frecvenţelor joase decît pe cele de frecvenţe înalte. În figura 21.24 se dau curbele de absorbţie acustică a pîslei, în funcţie de grosimea stratului şi de frecvenţa sunetului, din care se observă că proprietăţile de absorbţie acustică diferă mult în raport cu grosimea la frecvenţele joase, în timp ce sunetele de frecvenţe

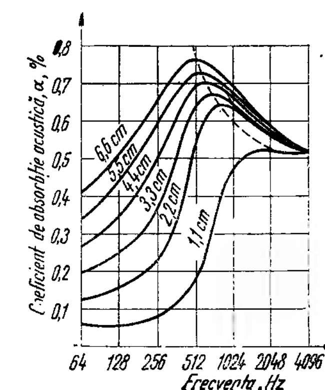


Fig. 21.24. Diagrama de variaţie a coeficientului de absorbţie acustică α, în funcţie de frecvenţa sunetului pentru diverse grosimi ale stratului de pîslă aplicat ca tratament fonoabsorbant la pereţi.

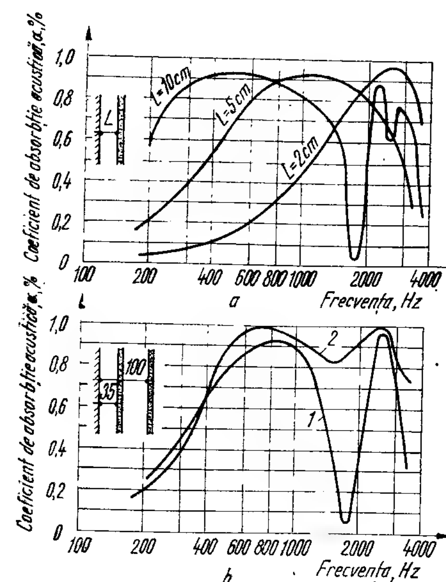


Fig. 21.25. Diagrama de variaţie a coeficientului α, în funcţie de frecvenţa sunetului :

a — pentru ecrane de absorbţie din ţesătură de bumbac groasă, aşezată la diferite distanţe faţă de perete ; b — pentru ecrane de absorbţie din flanelă întinsă la distanţa de 10 cm faţă de perete ; 1 — un strat de flanelă ; 2 — două straturi de flanelă, primul la 10 cm faţă de perete şi al doilea la 3,5 cm, faţă de primul.

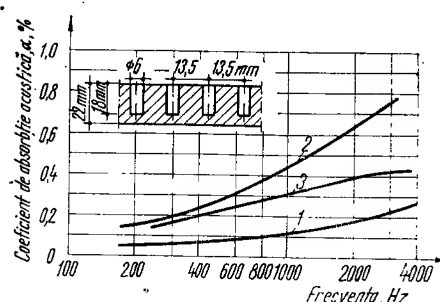


Fig. 21.26. Diagrama de variaţie a coeficientului de absorbţie acustică, α, în funcţie de frecvenţa sunetului, pentru plăci poroase :

1 — cu suprafaţă plană ; 2 — cu adîncituri ; 3 — cu adîncituri şi hîrtie lipită pe suprafaţă.

înalte sînt absorbite de stratul superficial al materialului şi de aceea mărirea grosimii materialului are o importanţă minoră. Concluzia care se desprinde este că pentru frecvenţe înalte se pot utiliza tratamente cu straturi subţiri iar pentru cele mijlocii şi joase sînt necesare straturi groase. Cercetările efectuate asupra materialelor poroase au scos în evidenţă faptul că la fiecare frecvenţă există o grosime de material peste care îngroşarea nu mai este raţională, grosime limitată care scade cînd frecvenţa sunetului creşte.

Se constată experimental că valoarea coeficientului de absorbţie acustică creşte dacă materialul se aşază la distanţă faţă de perete (fig. 21.25). Aceasta se explică prin faptul că viteza de oscilaţie a particulelor de aer în porii materialului, în apropierea peretelui de reflexie este mică, iar pe peretele însuşi, în nodul undei staţionare viteza este nulă. Studiile efectuate arată că valorile maxime ale coeficientului de absorbţie acustică se obţin atunci cînd distanţa între perete şi material este ceva mai mică decît un sfert din lungimea de undă a sunetului. Deoarece caracteristica de absorbţie optimă trebuie să cuprindă un domeniu larg de frecvenţe, cu valori pe cît posibil apropiate, pentru a obţine şi absorbţia la sunetele înalte, se pot folosi două straturi de material fonoabsorbant dispuse în paralel.

Prelucrarea suplimentară a materialului prin găurire, formare de adîncituri, rugozităţi etc. duce la creşterea capacităţii de absorbţie deoarece favorizează pătrunderea undelor acustice în material, măreşte suprafaţa de absorbţie şi realizează forme estetice deosebite (fig. 21.26). Acoperirea plăcilor cu un strat de hîrtie are drept consecinţă reducerea absorbţiei în domeniul frecvenţelor înalte, lăsînd însă nealterată capacitatea lor de absorbţie pentru undele cu frecvenţe coborîte (lungimi mari de undă).

În figurile 21.27 şi 21.28 se prezintă exemple de utilizare a unor placaje cu materiale poroase pentru absorbţia acustică în încăperi.

21.2.2.3. **Absorbanţi cu găuri (rezonatori).** Aceste sisteme absorbante pot fi comparate cu o mulţime de butelii avînd gîtul cu secţiune circulară sau ovalizată

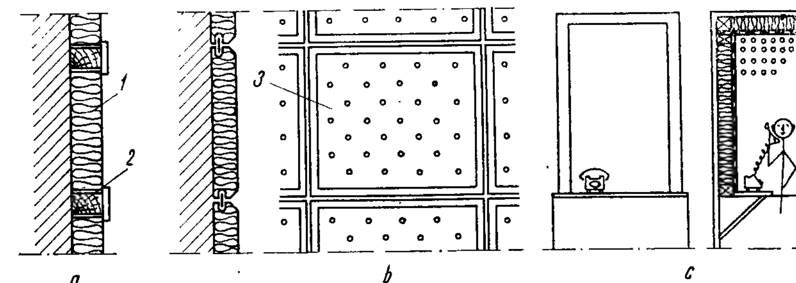


Fig. 21.27. Tratamente la pereţi cu plăci absorbante din pîslă minerală :

a — schemă constructivă pentru plăci montate între şipci ; b — schemă constructivă pentru plăci perforate, acoperite cu strat de vopsea, montate fără şipci ; c — utilizarea plăcilor fonoabsorbante la cabine telefonice ; 1 — plăci fonoabsorbante pline ; 2 — şipci ; 3 — plăci fonoabsorbante poroase.

desfundat sau plin cu material poros. Fiecare cavitate, cu orificiul sau canalul aflat în legătură cu aerul din încăpere, este un rezonator. Dacă dimensiunile rezonatorului sînt mici în comparaţie cu lungimea undei acustice, atunci sub acţiunea sunetului incident coloana de aer din canalul sau gîtul rezonatorului, ca şi un piston, execută o mişcare de oscilaţie alternativă şi datorită inerţiei, joacă rolul de masă a sistemului oscilant. Cantitatea de aer a rezonatorului

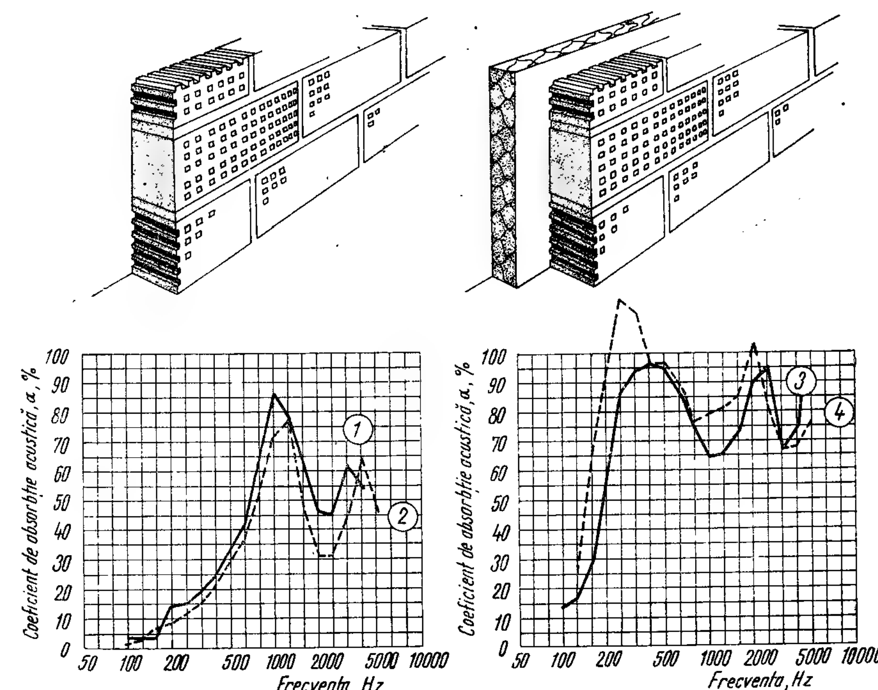


Fig. 21.28. Valori ale coeficienţilor de absorbţie acustică determinaţi în laborator, în funcţie de frecvenţa sunetului, pentru tratamente fonoabsorbante realizate cu zidărie de cărămidă eficientă dispusă pe muchie :

1 — pentru zidărie de cărămidă cu 78 găuri, pusă în contact cu peretele de rezistenţă ; 2 — pentru zidărie de cărămidă cu 57 găuri, executată în contact cu peretele de rezistenţă ; 3 — pentru zidărie de cărămidă avînd 78 găuri, dispusă pe pîslă rigidă în grosime de 4 cm ; 4 — pentru zidărie de cărămidă cu 57 găuri, dispusă pe pîslă rigidă avînd grosimea de 5 cm.

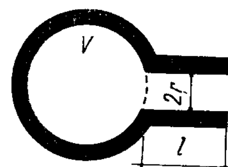


Fig. 21.29. Rezonator de tip Helmholtz:
V – volumul cavității rezonatorului; r – raza secțiunii gîtului; l – lungimea gîtului.

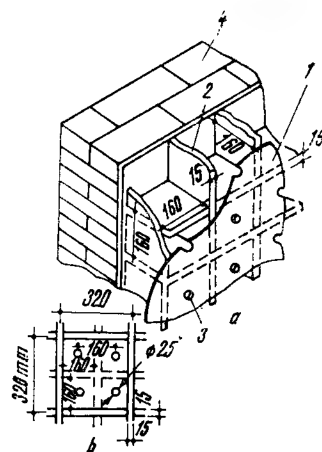


Fig. 21.30. Absorbant acustic rezonator cu bandă îngustă de frecvențe tip $ZP-1$:
a – vedere generală; b – detaliu cu indicarea găurilor; 1 – foaie de acoperire din placaj de lemn; 2 – compartimentare cu scînduri; 3 – orificii acoperite cu pînză; 4 – perete.

(corpul sticlei) joacă rol de mediu elastic al sistemului. Frecvența oscilațiilor proprii ale acestui rezonator poate fi stabilită cu relația:

$$f_o = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{\pi r^2}{V(l + 0{,}5\pi r)}}, \tag{21.6}$$

unde: c este viteza sunetului, în m/s;
V — volumul cavității rezonatorului, în m³;
$2r$ — diametrul secțiunii gîtului, în m;
l — lungimea gîtului (canalului), în m;
πr^2 — secțiunea gîtului, în m².

Un astfel de rezonator de tip Helmholtz este prezentat schematic în figura 21.29. Cînd frecvența undei acustice coincide cu frecvența proprie a rezonatorului, în acesta apar oscilații forțate puternice. În acest caz, viteza particulelor de aer din tubul rezonatorului depășește de sute de ori pe aceea a particulelor din cîmpul acustic liber. Dacă în canalul rezonatorului se așază un material poros cu absorbție acustică, prin frecare rezonatorul devine un fonoabsorbant foarte eficient. Pe acest principiu s-au construit rezonatori absorbanți din materiale obișnuite de construcție și din pînză. Cavitățile de rezonanță au un perete perforat exterior sub formă de foaie de acoperire continuă (ecran) și sînt separate între ele prin pereți despărțitori (fig. 21.30 și 21.31). Pentru obținerea unui coeficient de absorbție sonoră anumit, cu valori convenabile într-un domeniu de frecvențe de la f_1 pînă la f_2, dimensiunile rezonatorului și valoarea frecării în gîtul lui trebuie alese în mod corespunzător.

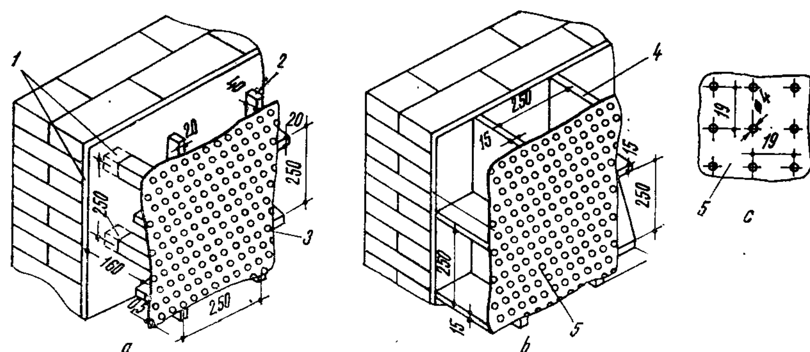


Fig. 21.31. Absorbanți acustici rezonatori cu bandă largă de frecvențe:
a – tip $ZP-3a$; b – tip $ZP-3b$; c – detaliu de perforare a placajului; 1 – grinzișoare încastrate în perete; 2 – schelet din grinzișoare de lemn; 3 – pînză; 4 – compartimentare cu scînduri; 5 – foaie de acoperire din placaj de lemn.

În figura 21.32 se prezintă o diagramă comparativă, în funcție de frecvența sunetului între coeficienții de absorbție acustică care se realizează cu diverse tipuri de absorbanți utilizați.

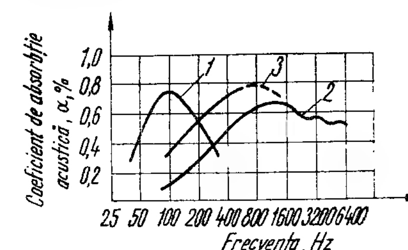


Fig. 21.32. Diagrama variației coeficienților de absorbție acustică în funcție de frecvența sunetului:
1 – pentru absorbanți acustici $ZP-1$; 2 – pentru absorbanți acustici $ZP-3a$; 3 – pentru absorbanți acustici $ZP-3b$.

21.2.2.4. **Placaje absorbante funcționînd pe principiul unor sisteme oscilante.** În afară de absorbanții acustici poroși și a rezonatorilor cu aer, există structuri fonoabsorbante care se bazează pe faptul că un panou aflat în calea undelor acustice vibrează și că întreținerea acestor vibrații implică consumarea unei părți din energia acustică respectivă. Acest lucru este valabil și pentru un anumit volum de aer închis în spatele unui perete. Oscilațiile panoului sau aerului devin foarte intense la rezonanță, cînd frecvența undelor sonore incidente coincide cu frecvența oscilațiilor proprii ale sistemului, absorbția maximă avînd loc tocmai în acest caz.

O placă din material compact, fixată la o anumită distanță față de un perete masiv are o frecvență f_0 a oscilațiilor proprii, care depinde de valoarea masei m a plăcii, pe m² și de grosimea d a stratului de aer ce desparte placa de perete și îndeplinește funcțiunea de mediu elastic al sistemului oscilant:

$$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{q}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{c^2\rho}{md}}, \tag{21.7}$$

unde: f_0 este frecvența oscilațiilor proprii, în Hz;
c — viteza de propagare a sunetului, în m/s;
ρ — densitatea aerului, în kg/m³;
q — elasticitatea stratului de aer egală cu $c^2\rho/d$.

Relația (21.7) se poate scrie și sub forma:

$$f_o = \frac{600}{Pd},$$

unde P este greutatea plăcii, în daN/m², iar d — distanța față de perete, în cm.

Absorbanții de tip placă se pot monta cu spațiu liber în spatele lor sau cu pîslă (fig. 21.33). Prezența pîslei afînate mărește capacitatea de absorbție, în special în domeniul de frecvență apropiat de rezonanța plăcii. Se poate îmbunătăți capacitatea de absorbție și compartimentînd spațiul prin rigle și fîșii de vată, care împiedică oscilațiile stratului de aer captiv pe întreaga suprafață a peretelui. Se recomandă ca dimensiunile celulelor astfel realizate să fie mai mici decît jumătatea lungimii de undă de rezonanță; astfel pentru elementele care absorb în domeniul pînă la 200 Hz, laturile trebuie să fie sub 0,7...0,8 m.

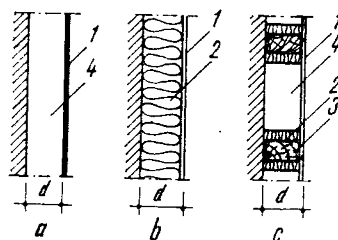


Fig. 21.33. Variante de montare a tratamentelor fonoabsorbante de tip placă oscilantă :

a – cu spațiul din spatele placajului plin cu aer; *b* – cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată; *c* – cu plăci de placaj îmbrăcate perimetral, pe intrados cu fîșii de vată; *1* – placă din material compact (placaj); *2* – pîslă sau vată afinată; *3* – șipci din lemn; *4* – strat de aer.

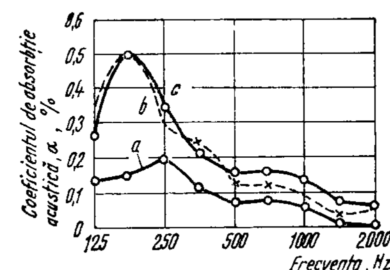


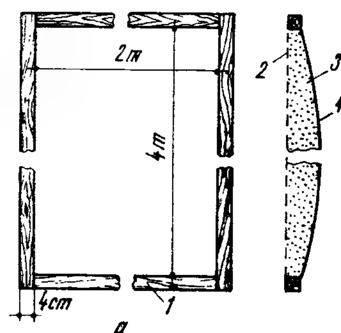
Fig. 21.34. Diagrama de variație a coeficientului de absorbție acustică, α, pentru plăci din placaj de lemn :

a – cu spațiul din spatele placajului plin cu aer; *b* – cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată rigidă; *c* – cu fîșii de vată dispuse pe perimetrul panourilor de placaj.

În figura 21.34 se prezintă variația coeficientului de absorbție acustică în funcție de frecvența sunetului pentru plăci de placaj montate cu spațiu liber de aer, cu spațiul din spatele placajului umplut cu vată și cu placajul îmbrăcat pe intrados cu fîșii de vată.

În locul panourilor de placaj, carton sau metal care sînt relativ rigide, pentru sistemele oscilante se pot utiliza pînze impermeabile la aer. Aceste tipuri de placaje absorbante se utilizează în săli de concerte pentru îmbunătățirea absorbției acustice la frecvențe joase și sînt realizate dintr-un cadru de lemn pe care se întinde o pînză groasă acoperită cu lac de aviație și o plasă de sîrmă între care se introduce vată de bumbac afinată (fig. 21.35). Este interesant de menționat că dacă panoul se așază cu pînza groasă spre încăpere, acesta lucrează ca un sistem oscilant de absorbție (avînd o absorbție maximă pentru fracvențe joase) iar dacă se întoarce cu vata spre încăpere, lucrează ca un absorbant poros (absorbția se mărește în zona frecvențelor înalte).

Panourile oscilante se pot combina, avînd rezultate favorabile, cu sistemul de absorbție al materialelor poroase, utilizînd plăci perforate care au în spate material absorbant poros, însă, din această cauză scad proprietățile de absorbție pentru frecvența de rezonanță. La un procent de găuri mai mare de 10...20%, aceste plăci încetează de a mai lucra ca sisteme oscilante de absorbție, rămînînd valabilă numai absorbția asigurată de materialul poros.



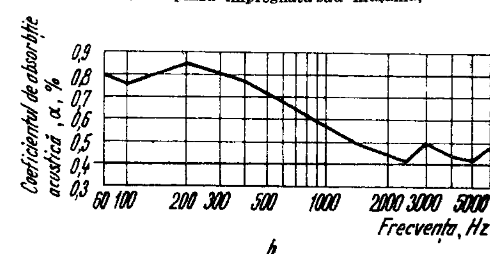


Fig. 21.35. Panou absorbant de tip membrană oscilantă :

a – schema constructivă; *b* – caracteristica de absorbție a panoului; *1* – cadrul scheletului; *2* – plasă de sîrmă; *3* – vată; *4* – pînză impregnată sau mușama.

Cele mai multe din soluțiile moderne pentru tratamente acustice la săli de conferințe, teatre, holuri în clădiri pentru transporturi, hale industriale etc. prezentate în figurile 21.36, 21.37 și 21.38 sînt combinații între tipurile fundamentale descrise.

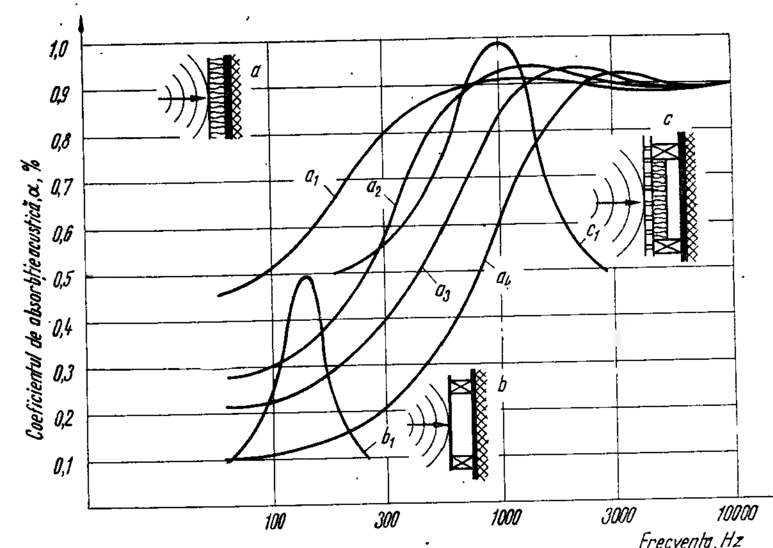
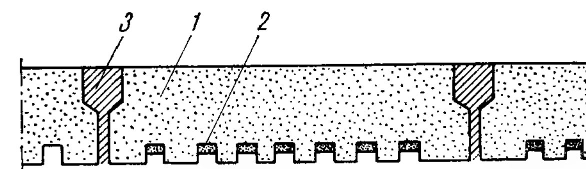


Fig. 21.36. Variația coeficientului de absorbție acustică, α, în funcție de frecvența sunetului pentru tratamente absorbante :

a – din materiale poroase; *b* – cu membrană oscilantă; *c* – cu rezonatori; a_1; a_2; a_3; a_4 – diagramele de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru absorbanți poroși cu grosimile de 2,5; 5,0; 7,5 și 10 cm; b_2 – diagrama de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru absorbanți cu membrană oscilantă; c_1 – diagrama de variație a valorilor coeficienților de absorbție acustică, în raport cu frecvența sunetului pentru rezonatori.

Fig. 21.37. Fîșii armate din beton celular autoclavizat pentru planșee de acoperiș cu tavan netencuit :

1 – fîșie din beton celular autoclavizat; *2* – umplutură din burete plastic; *3* – mortar de legătură.



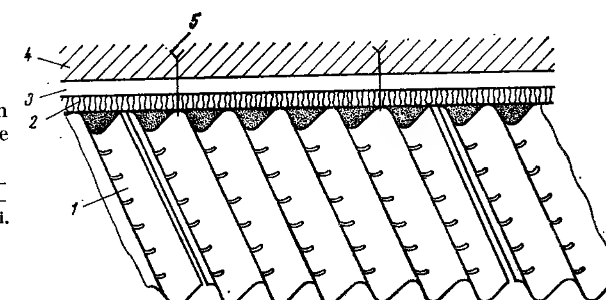


Fig. 21.38. Tavan fonoabsorbant din plăci de azbociment ondulat și saltele de vată minerală :

1 – plăci de azbociment ondulat cu perforații; *2* – saltele de pîslă minerală; *3* – spațiu liber; *4* – planșeu; *5* – tiranți pentru suspendarea tavanului.

Capitolul 22

PARDOSELI

22.1. CONDIŢIILE FUNCŢIONALE ŞI DE CALITATE PENTRU PARDOSELI

Pardoselile sînt îmbrăcămintile de la partea superioară a planşeelor care, în raport cu destinaţia încăperilor, trebuie să satisfacă condiţii capitale de calitate privind: rezistenţă la uzură şi la acţiunile mecanice; rezistenţă la umiditate; capacitate de izolare termică, acustică şi hidrofugă; elasticitate; cerinţe arhitectonice, estetice şi igienice compatibile exploatării.

La alegerea materialelor şi structurilor de pardoseli se iau în considerare următoarele criterii: destinaţia încăperii; planeitatea şi rugozitatea suprafeţei; rezistenţa la uzură, la compresiune şi la poansonare, în funcţie de natura încărcărilor (uniform repartizate sau concentrate); siguranţa contra alunecării (pe suprafeţe umede); porozitatea materialului (superficială şi interioară); durabilitatea; comportarea şi rezistenţa la umiditate (absorbţie, permeabilitate), rezistenţa la uleiuri, grăsimi şi substanţe agresive (acizi sau baze), în raport cu caracteristicile tehnologice ale procesului de producţie din încăperi, proprietăţile termo- şi fonoizolante ale materialelor, rezistenţa la foc, economicitatea la investiţie şi în exploatare, posibilitatea de execuţie industrializată, condiţiile de menţinere a curăţeniei şi a unei întreţineri uşoare, materialele existente la dispoziţie, cele de provenienţă locală etc.

22.2. CLASIFICAREA PARDOSELILOR

Pardoselile se pot clasifica în funcţie de materialele din care sînt executate, de modul de execuţie şi exploatare, de comportarea din punct de vedere termic etc.

După natura materialelor, se deosebesc:

— *pardoseli de pămînt*, alcătuite din lut, cu sau fără adaosuri fibroase (pleavă, paie tocate, cîlţi etc.), bine compactat şi netezit, utilizate la pivniţe, în mediu uscat şi la încăperi cu circulaţie accidentală;

— *pardoseli din pămînt stabilizat*, executate din pămînt cu 15...30% fracţiune argiloasă, tratat cu var, ciment, gudron sau bitum pentru a-i ameliora comportarea la acţiunea apei (rezistenţa mecanică şi stabilitatea);

— *pardoseli din piatră naturală*, realizate din plăci sau pavele de piatră naturală (calcare, granite, marmură), de diferite forme şi dimensiuni, utilizate la încăperi de trecere şi de circulaţie intensă (vestiare, degajamente, culoare, holuri, săli de aşteptare, magazine, restaurante, cantine etc.);

— *pardoseli de piatră artificială*, realizate din piatră nearsă (beton, ciment, ipsos, mozaic, turnate monolit sau din plăci prefabricate) sau din piatră arsă (cărămidă obişnuită sau specială, plăci ceramice, plăci de gresie ceramică etc.), utilizate la încăperi de trecere şi circulaţie, la încăperi umede (grupuri sanitare, băi, spălătorii, bucătării etc.);

— *pardoseli de lemn*, realizate din esenţe de răşinoase sau foioase, sub formă de duşumeli, parchete, pavele, utilizate ca pardoseli calde la clădiri de locuit şi social-culturale;

— *pardoseli din materiale bituminoase*, executate din asfalt, mortar cu suspensie de bitum filerizat, mozaic de piatră cu lianţi bituminoşi, utilizate la încăperi cu procese umede, la depozite, remize, garaje, unele ateliere şi laboratoare;

— *pardoseli din materiale speciale*, realizate din xilolit, linoleum, cauciuc, plăci de plută aglomerată, plăci din fibre vegetale presate, din fibre de azbest, materiale plastice, utilizate la încăperi de locuit, ateliere de fabricaţie, birouri, construcţii destinate sportului, în încăperi de circulaţie, la săli de spectacole etc.;

— *pardoseli din elemente translucide de sticlă*, executate din pavele de sticlă tip solar, rotalit etc., utilizate cînd se urmăreşte iluminarea spaţiului de dedesubt, de exemplu, la acoperirea curţilor de lumină.

După continuitatea suprafeţei, pardoselile pot fi:

— *continue*, turnate monolit la faţa locului, cu sau fără rosturi de contracţie sau dilataţie (asfalt, beton, mozaic etc.);

— *cu rosturi*, realizate din elemente prefabricate, dispuse cu rosturi monolitizate (marmură, gresie, beton, mozaic, lemn etc.).

După gradul de izolare termică, se deosebesc:

— *pardoseli calde*, izolante din punct de vedere termic, realizate din materiale cu coeficient mic de conductivitate termică (lemn, asfalt, linoleum, cauciuc, plută etc.);

— *pardoseli reci*, realizate din materiale cu coeficient mare de conductivitate termică (marmură, beton, mozaic etc.).

După comportarea sub acţiunea încărcărilor de exploatare, pardoselile se clasifică în:

— *pardoseli rigide* (beton, mozaic, produse ceramice), sensibile la tasări şi la deformaţiile elastice ale planşeelor, care necesită suporturi rigide;

— *pardoseli elastice* (lemn, cauciuc, plută etc.).

22.3. ALCĂTUIREA GENERALĂ A STRUCTURII PARDOSELILOR

Pardoselile, în general, sînt alcătuite din următoarele straturi (fig. 22.1):

— strat de rezistenţă (suport);

— strat de uzură (pardoseala propriu-zisă);

— strat de umplutură prin care se realizează legătura dintre stratul suport de rezistenţă şi stratul de uzură şi care poate avea rol de izolare termică, acustică, hidrofugă, de fixare etc.

Stratul de rezistenţă sau stratul suport al pardoselii poate fi alcătuit din pămînt (la subsol, demisol sau parter) sau din elemente de rezistenţă ale planşeelor (plăci, bolţi etc.), la etaje.

Structura sistemului de pardoseală este condiţionată, în afară de destinaţia încăperii, de rigiditatea suportului, natura şi mărimea încărcărilor locale, acţiunea apei. La pardoseli de pămînt unde poate interveni acţiunea apei capilare sau a apei sub presiune se prevăd şi straturi de izolare hidrofugă.

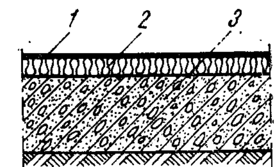


Fig. 22.1. Alcătuirea principială a unei pardoseli: *1* – strat de uzură; *2* – strat de umplutură sau de izolare; *3* – strat suport de rezistenţă.

Materialele de legătură dintre stratul de uzură şi stratul suport se aleg în funcţie de rigiditatea pardoselii, posibilitatea de acţiune a apei, condiţiile de exploatare şi întreţinere.

22.4. STRUCTURI DE PARDOSELI

22.4.1. PARDOSELI DE PĂMÎNT

Sînt indicate la construcţii agricole şi industriale, la remize, depozite, ateliere, foraje, amplasate pe teren uscat, fără pînze subterane de apă. Nu se pot folosi la încăperi umede şi acolo unde prin exploatare se produce praf. Pentru îmbunătăţirea comportării în exploatare a pardoselilor de pămînt se folosesc adaosuri minerale (pietriş, zgură), fibroase (paie) sau lianţi stabilizatori (ciment, var, bitum, gudron).

22.4.1.1. **Pardoseli din pămînt natural**. Se utilizează ca strat suport, de rezistenţă în zone fără pînze de apă subterană şi se realizează din pămînt compactat prin batere cu maiul sau prin cilindrare.

22.4.1.2. **Pardoseli din argilă compactată**. Se folosesc la şoproane, grajduri, ateliere de montaj pentru semifabricate, spaţii de depozitare cu condiţia ca umiditatea relativă a aerului din încăperi să fie sub 60%. Aceste tipuri de pardoseli se realizează după înlăturarea stratului de pămînt vegetal, prin compactarea argilei cu o umiditate optimă de 12...18%, în straturi de 5...8 cm, pînă se ajunge la o grosime finală de 15...30 cm.

22.4.1.3. **Pardoseli din argilă cu adaosuri**. Sînt realizate din argilă şi pietriş sau zgură amestecate în proporţiile 1 : 2...1 : 3, dozate astfel încît cantitatea de argilă să depăşească volumul golurilor cu 10...20%. Pentru a evita apariţia fisurilor din contracţie în stratul de uzură se introduc adaosuri mineralizate sub formă de paie tocate, rumeguş, pleavă sau cilţi.

22.4.1.4. **Pardoseli din pămînt stabilizat**. Sînt realizate din pămînturi argiloase tratate cu var, ciment (5...6%), lianţi hidrocarbonaţi (bitum, gudron) sau lianţi micşti ce asigură stabilitatea la apă a pardoselilor, fiind indicate ca strat suport înlocuind betonul sau ca pardoseli definitive la unele construcţii agricole sau industriale (depozite, remize, oţelării etc.).

22.4.2. PARDOSELI DE PIATRĂ ARTIFICIALĂ

În funcţie de materialul utilizat, pardoselile de piatră artificială pot fi din :

— *piatră nearsă*, executate continue din betoane monolite sau din elemente prefabricate de beton, montate cu rosturi;

— *piatră arsă*, sub formă de produse ceramice.

Pardoselile de piatră artificială sînt rezistente la umiditate şi foc, la uzură, durabile şi decorative, se întreţin uşor şi se pot executa prin metode industriale, dar nu sînt izolante termic şi acustic, sînt reci şi de aceea nu se pot folosi la încăperi de locuit, birouri şi încăperi social-culturale.

Pardoselile din piatră artificială se utilizează la încăperi de trecere şi la circulaţie intensă (vestiare, degajamente, culoare, holuri, săli de aşteptare), la încăperi umede (grupuri sanitare, băi, spălătorii, bucătării), la magazine, restaurante, cantine, la laboratoare, la construcţii industriale, construcţii agricole.

22.4.2.1. **Pardoseli de beton**. Se folosesc la subsolul sau parterul construcţiilor, realizîndu-se din amestec de balast, ciment şi apă, cu dozaj de 100...200 kg ciment/m³, în funcţie de încărcările de pe pardoseală şi de condiţiile de exploatare ale încăperilor, turnat în grosime de 6...10 cm, pe strat de nisip sau pietriş, de grosime 5 cm, aşezat pe pămînt bine compactat (fig. 22.2, *a*).

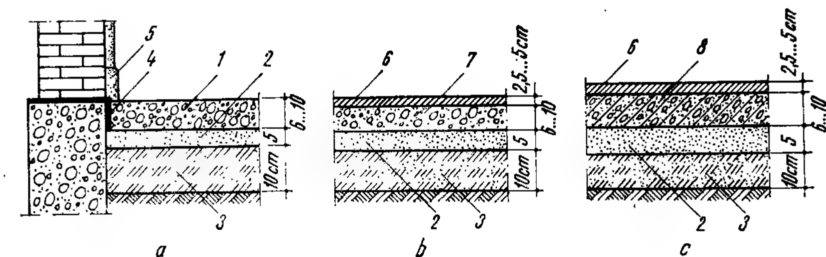


Fig. 22.2. Pardoseli de beton brut :

a — intr-un singur strat; *b* — în două straturi cu stratul suport din beton simplu; *c* — în două straturi cu stratul suport din beton armat; *1* — strat de uzură din beton brut; *2* — strat de pietriş; *3* — umplutură de pămînt compactată; *4* — rost umplut cu mastic bituminos; *5* — plintă; *6* — strat de uzură din beton cu dozaj 330 kg ciment/m³ beton; *7* — strat de rezistenţă din beton simplu; *8* — strat de rezistenţă din beton slab armat.

Pentru a limita apariţia fisurilor din contracţie, la suprafeţe mari, betonul de pardoseală se toarnă în cîmpuri cu rosturi de 1,5...2 cm, amplasate la 4 m distanţă, realizate la execuţie din scînduri dispuse pe cant şi completate ulterior cu mortar de asfalt.

La construcţii cu cerinţe deosebite, pardoseala de beton brut se realizează din două straturi (fig. 22.2, *b*) : stratul suport din beton cu dozaj 100...150 kg ciment la 1 m³ balast, avînd grosimea de 6...10 cm şi stratul de uzură de 2,5...5 cm grosime, realizat din beton cu dozaj 330 kg ciment la 1 m³ de beton şi preparat cu pietriş avînd granule de maximum 2 cm.

La încărcări mari şi la terenuri susceptibile de tasări, stratul suport al pardoselii este armat cu plase sudate de oţel-beton Ø = 6...10 mm, cu ochiuri de 15...33 cm (fig. 22.2, *c*). Suprafaţa superioară a pardoselii se prevede cu pantă de 1%, orientată spre gura de scurgere.

Pardoselile din plăci prefabricate de beton se realizează din dale de 50×50×8 cm, sau de 100×100×10 cm, confecţionate din beton cu dozaj 200 kg ciment la 1 m³ beton. Dalele prefabricate se montează în mortar de poză pe suport de beton simplu, beton slab armat, cu sau fără substrat de pietriş, în funcţie de condiţiile de circulaţie, starea de încărcare a pardoselii şi de umiditate a terenului (fig. 22.3, *a*). Mortarul de poză în grosime de 2...3 cm se realizează din ciment şi nisip 1 : 3 sau 1 : 4. Rosturile, sub 1 cm grosime, se completează cu lapte de ciment. La construcţii de importanţă secundară, dalele de beton se pot monta pe strat de nisip de poză, de 5 cm grosime (fig. 22.3, *b*). Rosturile se completează cu nisip sau mortar plastic. Pardoselile din dale prezintă avantajul că se pot întreţine şi reface uşor.

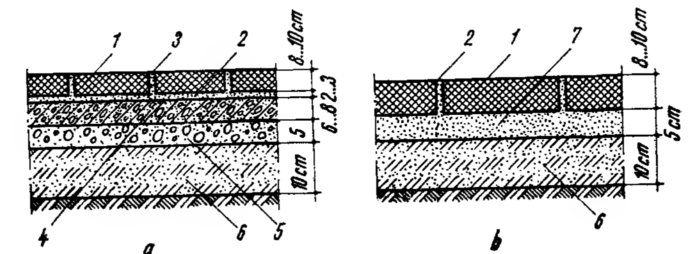


Fig. 22.3. Pardoseli din dale prefabricate de beton :

a — montate în mortar de poză; *b* — montate în nisip; *1* — dale prefabricate din beton; *2* — rost umplut cu mortar plastic sau nisip; *3* — mortar de poză; *4* — strat suport de rezistenţă din beton slab armat; *5* — strat de pietriş; *6* — umplutură de pămînt compactată; *7* — nisip de poză.

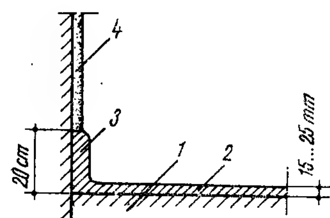


Fig. 22.4. Pardoseală de ciment sclivisit:

1 – strat suport; *2* – strat de uzură din mortar de ciment sclivisit; *3* – scafă din mortar de ciment; *4* – tencuială.

22.4.2.2. **Pardoseli de ciment sclivisit.** Se folosesc atunci cînd intervin cerințe de impermeabilitate, rezistență mare la uzură și întreținere ușoară. Se realizează prin aplicarea pe stratul de beton sau pe stratul de egalizare, la planșee, a unei scliviseli în grosime de 15...25 mm, din mortar de ciment preparat din nisip cu granule 0,5...2 mm (fig. 22.4).

Dacă suprafața planșeului nu este perfect plană, se prevede un strat de mortar de egalizare în grosime de 3 cm. La pardoseli vechi de beton, sclivi-seala se realizează după curățirea suprafeței suport cu perii de sîrmă și spălare cu apă sub presiune.

Pentru a evita apariția fisurilor din contracție, mortarul se aplică în panouri de 0,5...2,0 m, rosturile completîndu-se ulterior cu mastic de bitum. Suprafața pardoselii se poate finisa simplu sclivisită prin frecare cu mistria pînă se obține planeitatea sau rolată, cînd pe suprafața proaspăt turnată a mortarului se realizează adîncituri prin rolarea unui cilindru zimțat, obținîndu-se o suprafață rugoasă. La încăperi umede, pardoseala se racordează cu pereții prin scafe din mortar de ciment de 10...20 cm înălțime. Suprafața pardoselii se menține umedă timp de 10 zile, pentru a se asigura condiții optime de întărire a mortarului de ciment.

Pardoselile de ciment sclivisite se utilizează la pivnițe, spălătorii, culoare, magazii, garaje, remize pentru vehicule cu bandaje de cauciuc etc.

22.4.2.3. **Pardoseli de mozaic.** 22.4.2.3.1. *Pardoseli de mozaic turnat.* Se realizează din mortare de ciment, la care nisipul este înlocuit cu piatră de mozaic, provenind din marmure, calcare, serpentine sau tufuri vulcanice, în dozaje 1 : 1,5...1 : 2 (ciment : piatră de mozaic). Piatra de mozaic prezintă granule de 0,2... 6mm și sorturi de la 0 la 6 și anume : 0,2/0,5 ; 0,5/1 ; 1/2 ; 2/3 ; 3/4 ; 4/5 ; 5/6.

Pardoselile mozaicate sînt cunoscute din antichitate (sec. V î.e.n.). Vitruviu în lucrarea sa *De arhitectura*, descrie pardoseli din bucăți de piatră în formă de cuburi cu latura 1...2 cm, fixate cu mortar de var, nisip, clei, ceară și colorant mineral. Mozaicuri estetice se obțin din amestec de piatră de mozaic divers colorată, cu 50 % granule de 4...7 mm și 50 % de 0,5...2 mm sau din adaosuri de culori minerale : negru, roșu, ocru, galben, cinabru, verde, albastru, în mortar. Cantitatea de oxizi colorați nu trebuie să depășească 15 % din greutatea cimentului. Se folosește ciment obișnuit pentru culorile negru, roșu și cenușiu și ciment alb sau colorat pentru culorile alb, galben, verde, albastru. Amestecul de ciment, colorant și piatră de mozaic se realizează în stare uscată pînă la omogenizare.

Suportul pardoselii de mozaic turnat constă din mortar de ciment în grosime de 2...3 cm cu dozaj 400 kg ciment de 1 m³ mortar (fig. 22.5). Stratul de uzură din mortar de mozaic în grosime de 1...2 cm se compactează prin îndesare cu mistria, pînă apare la suprafață laptele de ciment. Turnarea mortarului de mozaic

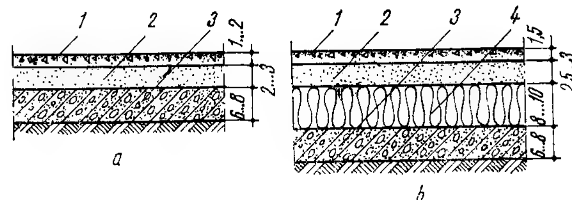


Fig. 22.5. Pardoseli din mozaic turnat:

a – fără izolație termică; *b* – cu izolație termică; *1* – mortar de mozaic; *2* – strat suport din mortar de ciment; *3* – strat de rezistență; *4* – termoizolație.

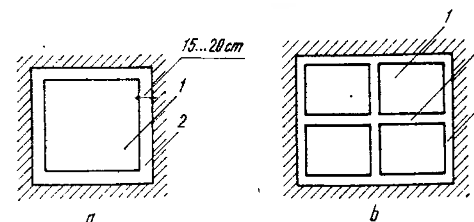


Fig. 22.6. Pardoseli de mozaic:

a – în cîmp continuu, cu bordură pe contur; *b* – în cîmpuri delimitate de borduri; *1* – cîmp; *2* – bordură marginală; *3* – bordură centrală.

se face la încăperi mici în cîmpuri delimitate pe contur cu borduri de 15...20 cm lățime, din mozaic turnat, colorat diferit față de cîmp (fig. 22.6, *a*). La încăperi mari turnarea mortarului de mozaic se face în mai multe cîmpuri, delimitate de borduri marginale și interioare pentru a evita apariția fisurilor din contracție (fig. 22.6, *b*).

Pentru turnarea bordurilor, după trasarea acestora, pe suprafața suport, se fixează cu ipsos ștraifuri de sticlă sau baghete metalice, cu înălțimea de 1...2 cm, în funcție de grosimea mozaicului, dispuse în lungul bordurilor, la distanță, egală cu lățimea acestora.

La 3...4 zile de la turnare, suprafața pardoselii de mozaic turnat se netezește prin frecare cu piatra de frecat, manual sau mecanizat, îndepărtîndu-se excesul de ciment și lăsînd aparentă piatra de mozaic. Frecarea se face nu mai tîrziu de 10...14 zile de la turnare deoarece întărirea excesivă a mortarului poate conduce la dislocarea granulelor de mozaic. Suprafața mozaicului, după frecare, este estetică dacă granulele de piatră de mozaic au aceeași mărime și au fost uniform distribuite în masa mortarului. După ce suprafața pardoselii a fost frecată cu piatră abrazivă, ea se impregnează cu ulei de in fiert, cu ulei mineral diluat cu benzină sau cu ceară de parchet, după care se freacă și se lustruiește cu perii din pîslă.

La încăperi de dimensiuni mari, la săli și holuri, la clădiri importante, mozaicul se toarnă în carouri, cu dimensiuni 1,0 × 1,0...3,0 × 3,0 m și cu culori diferite, formînd desene variate sau în șah. Rosturile dintre carourile de aceeași culoare, în grosime de 5...10 mm, se completează ulterior cu mortar de mozaic de altă culoare. La desene mai complicate se utilizează șabloane de tablă (fig. 22.7).

La treptele scărilor, stratul de uzură din mozaic se toarnă în grosime de 3,5 cm la treapta propriu-zisă și de 2 cm la contratreaptă (fig. 22.8).

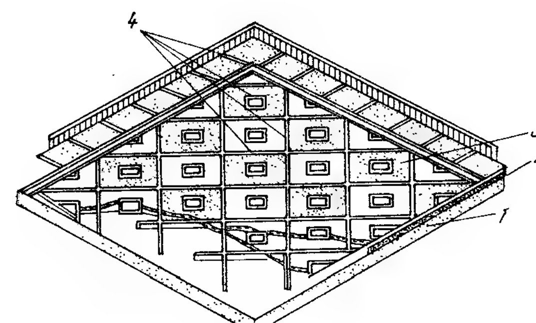


Fig. 22.7. Pardoseli de mozaic turnat în cîmpuri cu model:

1 – strat suport de rezistență; *2* – mortar de egalizare; *3* – strat de uzură din mozaic turnat în cîmpuri; *4* – șabloane din tablă sau baghete de sticlă.

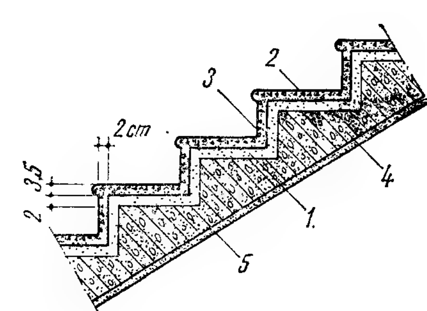
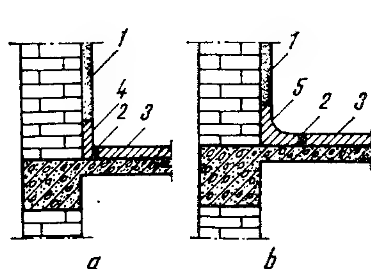


Fig. 22.8. Scări cu trepte mozaicate:

1 – strat suport din mortar; *2* – strat de mozaic la trepte; *3* – strat de mozaic la contratrepte; *4* – rampa scării; *5* – tencuială la intradosul scării.



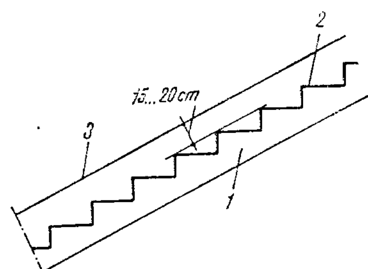


Fig. 22.9. Racordarea dintre pardoseală și perete:
a – cu plintă; b – cu scafă; 1 – tencuială; 2 – rost elastic; 3 – pardoseală de mozaic; 4 – plintă; 5 – scafă.

Fig. 22.10. Înălțimea plintei de mozaic la scări:
1 – rampa scării; 2 – trepte; 3 – plintă.

Racordarea dintre pardoseală și perete se face cu:

— *plintă*, de 12...15 cm înălțime și 2 cm grosime, turnată pe mortar de poză de 2...3 cm grosime, cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ mortar (fig. 22.9, *a*);

—*scafă*, de 15...25 cm lățime desfășurată, dispusă parțial în perete și parțial în pardoseală, realizată monolit sau prefabricat din mortar de mozaic și fixată cu mortar de ciment avînd dozajul de 400 kg ciment la 1 m³ mozaic (fig. 22.9, *b*).

La scări mozaicate, pentru a realiza protecția pereților, se prevede plintă de mozaic de înălțime 15...20 cm față de aripa înclinată (fig. 22.10).

22.4.2.3.2. *Pardoseli de mozaic venețian.* Se realizează din mozaic turnat, alcătuit din granule de marmură de dimensiuni mai mari decît la mozaicul obișnuit, cu forme și eventual cu culori diferte. Aceste pardoseli sînt indicate la locuințe, băi, holuri, bucătării, vestibule, fiind rezistente la uzură și umiditate. Mortarul de mozaic preparat din ciment, apă, granule de marmură și colorant este turnat în grosime de 1,5...2 cm, pe suport din mortar de ciment în grosime de 2...3 cm, realizat cu nisip de rîu. La parter, stratul de rezistență este un pat de beton marca B 50 (fig. 22.11), iar la celelalte niveluri planșeul de beton armat. Racordarea dintre pardoseală și perete se face cu scafă de mozaic turnat, prefabricată din mozaic sau plăci de marmură. După frecare și lustruire, granulele mari de marmură din mortarul colorat devenite aparente, asigură pardoselii aspectul estetic dorit.

22.4.2.3.3. *Pardoseli din plăci prefabricate de beton mozaicat.* Pardoselile de mzoaic se pot realiza și din plăci prefabricate (fig. 22.12), alcătuite dintr-un strat

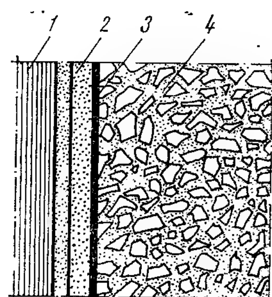


Fig. 22.11. Pardoseală din mozaic venețian:
1 – perete; 2 – scafă; 3 – bordură; 4 – mozaic venețian.

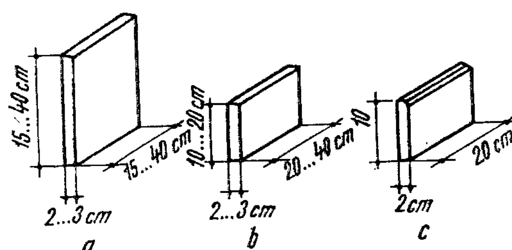


Fig. 22.12. Plăci prefabricate din beton mozaicat:
a – pătrate; b – dreptunghiulare; c – plinte.

de beton și strat de uzură din mozaic obișnuit (piatră de calcar), sau de marmură, serpentin etc. Mozaicul poate fi alb, într-o singură culoare sau în mai multe culori, cu sau fără desene. Plăcile se execută mecanic la prese hidraulice și se șlefuiesc cu mașini speciale.

După formă, plăcile prefabricate de mozaic pot fi pătrate cu latura 15... 40 cm, grosime 2...3 cm sau dreptunghiulare cu laturile 10×20 cm pînă la 20×40 cm și 2...3 cm grosime. Stratul de uzură din mozaic are grosimea 5...7 mm și este alcătuit din amestec de ciment, granule de piatră de 1...5 mm diametru, praf de piatră și coloranți din oxizi metalici în cantitate de 50 g la 1 kg ciment.

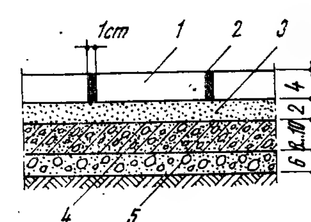


Fig. 22.13. Pardoseală din dale de piatră:
1 – dale de piatră; 2 – rost umplut cu mortar; 3 – mortar de poză; 4 – strat suport din beton armat; 5 – beton de egalizare.

Plăcile se așază pe mortar de egalizare de 2 cm grosime, cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ nisip, cu rosturi de maximum 5 mm lățime, completate cu lapte de ciment. Excesul de ciment, după întărire, se curăță prin frecare manuală sau mecanizată și prin spălare cu apă curată. În final, pardoselile se ceruiesc cu ceară de parchet și se lustruiesc.

22.4.3. PARDOSELI DIN PIATRĂ NATURALĂ

Au fost folosite la construcții publice și de locuit, din cele mai vechi timpuri, fiind realizate din piatră rezistentă la uzură și sînt indicate, în special, la încăperi cu cerințe arhitecturale și estetice deosebite, precum și la construcții monumentale: muzee, teatre, palate culturale și administrative, săli și holuri de recepție etc. Pardoselile din piatră naturală se realizează din plăci provenind din roci de naturi, durități și rezistențe diferite. Se folosesc:

— *roci eruptive* (granit, bazalt, diabaz, porfir), fiind indicate la circulație intensă, la intrările clădirilor publice, magazine universale, gări etc.;

— *roci sedimentare* (calcar, gresie), care sînt mai puțin dure și mai puțin rezistente la uzură;

— *roci metamorfice* (marmură) divers colorate, obținîndu-se pardoseli decorative și rezistente.

22.4.3.1. **Pardoseli din plăci de piatră naturală.** Se realizează din plăci de roci naturale, cu dimensiunile laturilor 20×20....100 × 100 cm și grosimea de 2...6 cm, în funcție de natura și duritatea rocii. Se folosesc pardoseli din piatră calcară sau din plăci de marmură.

Pardoselile din dale de piatră, de 4...6 cm grosime, de formă pătrată, au latura de 50...100 cm și sînt așezate pe mortar de 2 cm grosime cu dozaj de 400 kg ciment la 1 m³ mortar (fig. 22.13). Suportul de rezistență la pardoselile amplasate pe pămînt poate fi beton de egalizare slab armat. Rosturile verticale, de grosime 1 cm se realizează din mortar de ciment cu praf de piatră și eventual coloranți. Pentru a asigura aderența plăcilor de piatră calcară de mortarul suport, acestea se pozează în mortarul proaspăt peste care se toarnă un strat foarte subțire de lapte de ciment. Racordarea pardoselii la pereții și vangurile de la casa scării, se realizează cu plinte de 12...15 cm înălțime, fixate de perete mortar (fig. 22.14)

Pardoselile din plăci de marmură se realizează din dale de forme și culori diferite. Obișnuit, se folosesc plăci pătrate de 30...50 cm latura, grosime 2...3 cm

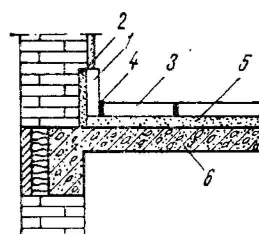


Fig. 22.14. Racordarea pardoselii din dale de marmură cu plintă:

1 – plintă din marmură; 2 – mortarul de poză al plintei; 3 – dale de marmură pentru pardoseală; 4 – rost umplut cu mortar; 5 – strat suport din mortar de ciment; 6 – planșeu de beton armat.

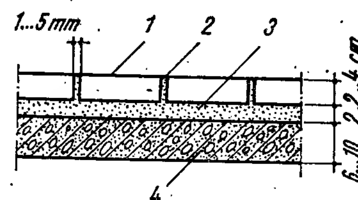


Fig. 22.15. Pardoseală din plăci de marmură;

1 – plăci de marmură; 2 – rost umplut cu mortar; 3 – strat suport din mortar; 4 – strat de rezistență din beton armat (placă de planșeu).

și de 50×100 cm latura și 4 cm grosime (fig. 22.15). Rosturile au grosimea 1...5 mm și se completează cu lapte de ciment alb sau colorat. După îndepărtarea, prin frecare, a excesului de lapte de ciment, pardoselile de marmură se spală cu apă curată, se ceruiesc cu ceară dizolvată în benzină și se lustruiesc.

În țara noastră, pentru pardoseli se folosesc dale obținute prin prelucrarea pietrei naturale de Albești, Moneasa, Gura Văii, Alun, Vașcău, Căprioara sau Rușchița.

22.4.3.2. **Pardoseli din mozaic roman.** Se realizează din plăcuțe de forme aproape regulate (cubice), cu latura de 1,5...2 cm, din calcar compact sau marmură, diferit colorate, așezate pe strat de mortar de ciment cu grosme 2...3 cm și cu dozaj 400 kg ciment la 1 m³ nisip. Plăcuțele se dispun fie neregulat, fie conform unor desene reprezentînd ornamente, figuri, scene, natură stilizată etc. (fig. 22.16).

Pentru execuție se pregătesc panouri din plăcuțe lipite cu fața văzută pe hîrtie folosind clei de amidon, avînd în vedere desenele ce urmează a fi reproduse. La montare, panourile se dispun cu hîrtia în sus și se fixează în mortarul suport proaspăt. După ce mortarul a făcut priză în rosturi, se toarnă lapte de ciment alb sau colorat (în prealabil hîrtia s-a îndepărtat prin umezire). Excesul de lapte de ciment se elimină prin frecare și după uscarea suprafeței se curăță cu pîslă muiată în ceară dizolvată în benzină și se lustruiește.

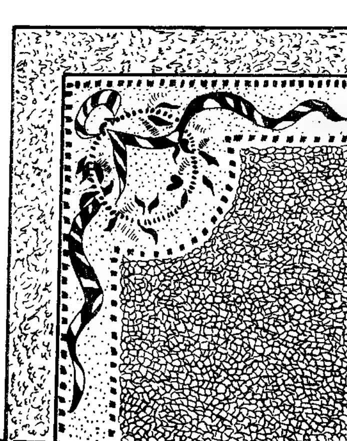


Fig. 22.16. Pardoseală din mozaic roman.

22.4.4. PARDOSELI DE ZGURĂ

Se realizează din zgură de furnal, cu granule de maximum 50 mm, dispusă în două straturi de 15...20 cm grosime totală, bine compactate; pentru a mări rezistența mecanică, se tratează suprafața pardoselii cu apă, ce formează cu varul din zgură hidrat de calciu, care prin acțiunea bioxidului de carbon din aer se transformă în carbonat de calciu.

Pardoselile de zgură sînt indicate a se utiliza în încăperi destinate garării vehiculelor.

22.4.5. PARDOSELI DE IPSOS

Sînt pardoseli elastice, calde, rezistente la foc, izolante acustic, au rezistență la compresiune 100 daN/cm² (măsurată la două luni) și greutate specifică aparentă 14 000...16 000 N/m³, se pot vopsi cu uleiuri colorate cu oxizi minerali. Nu pot fi folosite în încăperi cu circulație intensă și în condiții de umiditate relativă interioară mare.

Consistența amestecului de ipsos și apă folosit pentru stratul de uzură se ia, la compactare prin batere, 28...33 părți apă la 100 părți ipsos, iar la compactare prin vibrare, 25...35 părți apă la 100 părți ipsos (în greutate). La ipsos de calitate superioară se adaugă nisip cuarțos sau praf de marmură în proporție 1 : 1,5...1 : 1. Între stratul de beton de egalizare și ipsos se interpune nisip umed, de 2...3 cm grosime, bine compactat sau carton bitumat.

Rezistența mecanică a pardoselilor de ipsos crește prin impregnare cu ulei sau tratare cu ceară.

22.4.6. PARDOSELI CERAMICE

Se realizează din plăci de pămînt argilos tratat în diferite moduri și ars la diverse temperaturi. După natura pămîntului argilos utilizat, modul de prelucrare și temperatura de ardere se obțin produse de calități diferite în ceea ce privește aspectul, rezistența la compresiune, rezistența la uzură și comportarea la umiditate. Plăcile ceramice se obțin în diverse forme și culori, permițînd realizarea unor pardoseli decorative. După calitatea lor, se disting: pardoseli din cărămidă obișnuită sau presată, pardoseli din plăci de ceramică obișnuită, pardoseli din mozaic de gresie sau din pișcoturi.

Condițiile specifice pe care trebuie să le îndeplinească pardoselile ceramice sînt:

— să nu permită dezvoltarea microorganismelor;

— să nu prezinte eflorescențe produse de sărurile solubile din apă sau argilă sau prin reacția gazelor sulfuroase ale cărbunilor utilizați la ardere; plăcile vitrifiate nu prezintă eflorescențe; sărurile solubile dispar dacă plăcile se spală cu amestec de acid clorhidric și apă (1 :10);

— să nu prezinte fisuri, deoarece acestea măresc porozitatea, permit infiltrarea apei, întreținînd umiditatea care favorizează dezvoltarea microorganismelor, ce micșorează calitățile igienice ale plăcilor;

— să se întrețină ușor prin spălare cu apă și săpun.

22.4.6.1. **Pardoseli din cărămidă**. Se pot realiza din cărămizi obișnuite, în încăperi cu circulație redusă și din cărămizi dublu presate, în încăperi cu cir-

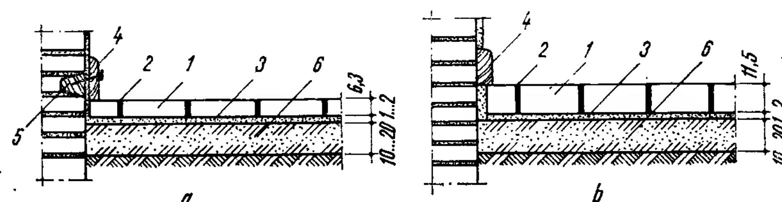


Fig. 22.17. Pardoseli din cărămizi :

a — așezate pe lat ; *b* — așezate pe cant ; *1* — cărămizi ; *2* — rost umplut cu lapte de ciment ; *3* — nisip de poză ; *4* — plintă ; *5* — diblu de lemn ; *6* — strat de egalizare (pămînt compactat sau beton B 50).

culație intensă. Cărămizile pentru pardoseli trebuie să prezinte rezistența la compresiune 200...300 daN/cm² și uzura 0,3...0,5 cm³/cm².

Aceste pardoseli se realizează din cărămizi așezate pe lat (fig. 22.17, *a*) sau pe cant (fig. 22.17, *b*), în strat de nisip de 1,5...2 cm grosime sau în mortar M 100 proaspăt, de 2...3 cm grosime (fig. 22.18). Stratul de legătură (nisipul sau mortarul) se așază pe planșeul de beton sau pe un strat de beton de egalizare B 50 în grosime de 8...10 cm și substrat de pietriș de 5 cm grosime, amplasat pe pămînt, la pardoselile de la parter.

La pămînt uscat se folosește ca substrat nisipul îndesat de 10...20 cm grosime. Rosturile dintre cărămizi, de 5 mm grosime, se umplu cu mortar fluid de ciment-nisip avînd dozajul 1 : 3, după umezirea prealabilă a cărămizilor cu apă. După turnarea laptelui de ciment, se curăță suprafața pardoselii și se menține umedă timp de 3 zile.

22.4.6.2. **Pardoseli din plăci ceramice.** Se realizează din plăci ceramice tip *A*, divers colorate, confecționate din argilă arsă la 900...1 000°C prin presare pe cale semiuscată, avînd forme pătrate (12,2 × 12,2 × 2,4 cm), dreptunghiulare (12,2 × 6,1 × 1,4) sau hexagonale. Plăcile se dispun pe strat de egalizare de 2...3 cm grosime, din mortar de ciment 1 : 3...1 : 4 (fig. 22.19), cu rosturi de 3 mm, umplute cu lapte de ciment colorat în ton cu culoarea plăcilor ceramice. Suprafața pardoselii proaspăt executată se acoperă cu rumeguș care se menține umed 7...10 zile, pentru a se asigura condiții favorabile de întărire a mortarului de ciment. Pardoselile de ceramică de freacă la rosturi cu mașina de frecat, se spală, se ceruiesc sau se lustruiesc. La execuție se montează rînduri de plăci

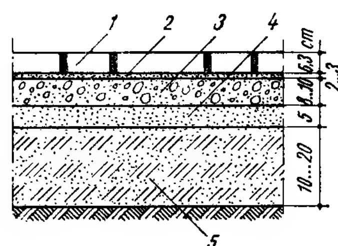


Fig. 22.18. Pardoseală din cărămizi realizată la parter :

1 — cărămizi ; *2* — strat de poză din mortar M 100 ; *3* — strat de rezistență din beton B 50 ; *4* — strat de ruperea capilarității din pietriș ; *5* — pămînt compactat.

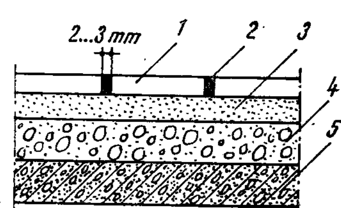


Fig. 22.19. Pardoseală din plăci de ceramică obișnuită :

1 — plăci ceramice ; *2* — rost umplut cu mortar ; *3* — mortar de egalizare ; *4* — strat izolator din beton de zgură ; *5* — strat de rezistență din beton armat.

reper, care asigură verificarea montării cu ajutorul dreptarului de lemn (fig. 22.20). Racordarea dintre pardoseală și perete se realizează cu plinte, scafe ceramice, mozaic turnat sau elemente prefabricate din mozaic. În încăperi umede, pardoseala se realizează cu pante necesare pentru scurgerea apelor.

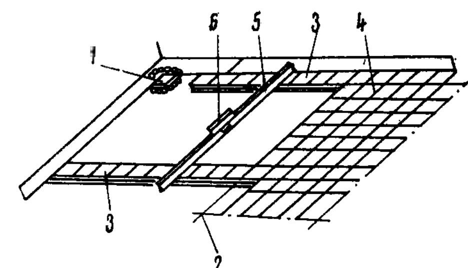


Fig. 22.20. Fază de montaj a plăcilor ceramice :

1 — placă reper la colțuri ; *2* — sfoară ; *3* — rînd reper la margine și intermediar la 2 m distanță ; *4* — rînd curent în execuție ; *5* — dreptar ; *6* — nivelă cu bulă de aer.

22.4.6.3. **Pardoseli de gresie ceramică.** Se realizează din plăci ceramice de calitate superioară obținute din argile plastice, omogene cu adaos de cuarț, feldspat, magnezită, dublu presate la 30 ... ...50 daN/cm² și 200...250 daN/cm² și arse în cuptoare speciale la 1 200...1 400°C. Plăcile colorate se realizează în două straturi, în stratul superior fiind înglobat colorantul mineral ce poate fi galben, roșu, verde, negru, albastru. Fața văzută poate fi netedă sau striată. Fața inferioară este prevăzută cu striuri pentru a asigura aderența la stratul suport de mortar. Plăcile mici de formă pătrată au latura de 10 cm, grosimea 1 cm și se utilizează la vestibule, culoare, băi, bucătării, laboratoare, iar plăcile mari de 15 sau 30 cm latura și 1,5...2,5 cm grosime se utilizează la hale industriale, abatoare etc. ; se confecționează și plăci de formă hexagonală sau octagonală. Plăcile de gresie ceramică au duritatea mare și uzura mică (0,15...0,20 cm³/cm²).

Plăcile de gresie ceramică se dispun cu rosturi de 2...3 mm grosime, umplute cu lapte de ciment, pe strat din mortar de ciment-nisip 1 : 3, în grosime de 1,5... 2 cm (fig. 22.21). Racordarea dintre pardoseală și perete se realizează cu scafe ceramice sau cu plinte. După execuție pardoselile din gresie ceramică se spală, se ceruiesc cu suspensie de ceară în petrosin și se lustruiesc.

În încăperi umede se prevede izolație hidrofugă sub stratul suport.

În băi, bucătării, vestibule, se folosesc pișcoturi cu dimensiunile 4 × 6 cm și grosimi 4...6 mm (fig. 22.22). Se obțin pardoseli decorative, rezistente și care se întrețin ușor prin spălare cu apă, săpun și ceruire.

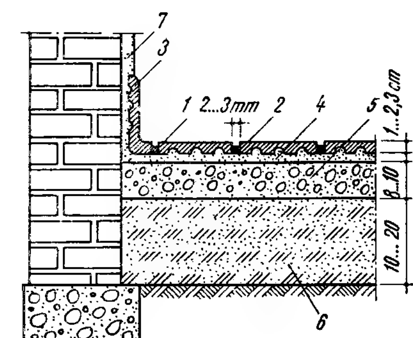


Fig. 22.21. Pardoseală din plăci de gresie ceramică :

1 — plăci de gresie ceramică ; *2* — rost umplut cu mortar ; *3* — scafă ; *4* — strat suport din mortar de ciment ; *5* — beton de egalizare B 25 ; *6* — pămînt compactat ; *7* — tencuială perete.

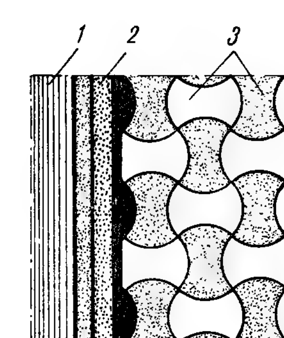


Fig. 22.22. Pardoseală din pișcoturi de gresie :

1 — perete ; *2* — scafă ; *3* — pișcoturi de gresie.

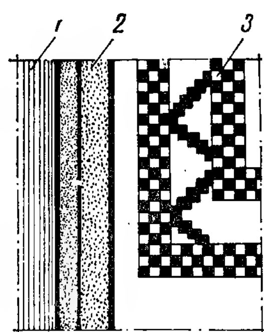


Fig. 22.23. Pardoseală din covor de gresie ceramică (kleinmozaic):

1 — perete; *2* — scafă din mozaic turnat sau din elemente prefabricate mozaicate; *3* — mozaic de gresie ceramică.

22.4.6.4. **Pardoseli din kleinmozaic.** Se realizează din plăcuţe de gresie ceramică, de formă pătrată, dreptunghiulară sau hexagonală cu latura 2... 2,5 cm şi grosime 6...7 mm, obţinîndu-se pardoseli decorative prin varietatea culorilor şi desenelor.

Se montează ca şi mozaicul roman prin asamblarea în panouri a plăcuţelor de gresie ceramică, lipite cu clei pe hîrtie, după desenul preconizat şi aşezarea în mortar proaspăt de ciment-nisip 1 : 3...1 : 4, de 1,5... 2 cm grosime, cu sau fără substrat de nisip de 2... 3 cm grosime (fig. 22.23).

22.4.7. PARDOSELI DE LEMN

Sînt pardoseli utilizate din cele mai vechi timpuri, avînd o extindere mare la clădiri de locuit, încăperi social-culturale, administrative, laboratoare, magazii depozite, adăposturi etc. Pardoselile din lemn sînt elastice, antiderapante, izolante termic şi acustic, estetice, se execută, se repară şi se întreţin uşor dar au multe rosturi, se deformează şi fisurează la variaţii de umiditate, adună praf în rosturi, nu prezintă rezistenţă mare la uzură, în condiţii de umiditate putrezesc şi în caz de incendiu ard. Pentru a mări rezistenţa la uzură, pardoselile de lemn se impregnează cu ulei, se vopsesc sau se ceruiesc.

După forma şi dimensiunile elementelor de lemn, se disting :

— pardoseli din scînduri sau dulapi, denumite duşumele;

— pardoseli din parchete.

22.4.7.1. **Pardoseli din duşumele.** După gradul de prelucrare a materialului utilizat, pot fi :

— *duşumele brute*, realizate din scînduri de 8...30 cm lăţime, 1,8; 2,4 sau 2,8 cm grosime, în stare brută, montate joantiv sau cu interspaţii; se utilizează ca pardoseli la pod, magazii sau ca duşumea oarbă sub parchet;

— *duşumele prelucrate* pe o parte la rindea, realizate din scînduri de 2,4; 2,8 sau 3,8 cm grosime şi 10...30 cm lăţime, fixate joantiv şi îmbinate în falţ; se folosesc la construcţii auxiliare sau de importanţă secundară;

— *duşumele în lambă şi uluc*, realizate din scînduri sau dulapi avînd lăţimea 10...16 cm, grosimea 2,2; 2,4; 2,8; 3,8 sau 4,8 cm şi lungimea 2,0...6,0 m (fig. 22.24); se utilizează la şcoli, săli de gimnastică, ateliere (grosimea dulapilor 4,8 cm), la clădiri publice (grosimea scîndurilor 3,8 cm) şi la locuinţe (grosimea 2,2 sau 2,4 cm).

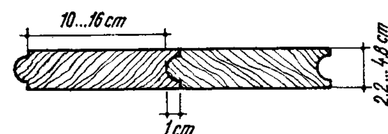


Fig. 22.24. Duşumele în lambă şi uluc. ↑

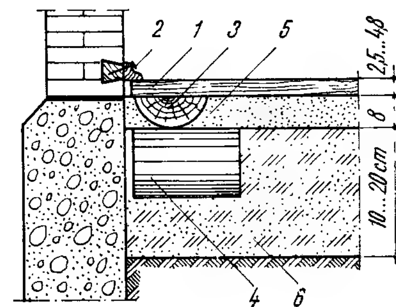


Fig. 22.25. Pardoseală din duşumele de lemn:

1 — duşumea în nut şi feder; *2* — pervaz fixat cu cuie în dibluri de lemn; *3* — grinzişoare de rezistenţă; *4* — chituci; *5* — nisip; *6* — umplutură de pămînt compactat. ⟶

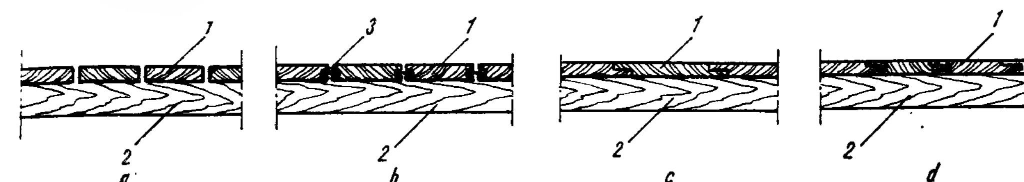


Fig. 22.26. Sisteme de îmbinare la duşumele:

a — joantiv; *b* — cu şipci; *c* — în falţ; *d* — în nut şi feder; *1* — duşumea; *2* — grinzi; *3* — şipci.

La parterul clădirilor, la terenuri uscate, se foloseşte ca suport pămîntul argilos, bine compactat sau stabilizat. Duşumeaua reazemă pe grinzi din material semirotund, cu diametrul 14 ... 16 cm, dispuse la 65 ... 75 cm distanţă (fig. 22.25). Rezemarea grinzilor pe pămînt se face prin intermediul unor chituci de stejar cu lungimea 50 cm şi diametrul 14 cm. Spaţiul dintre pardoseală şi pămînt de 8 cm grosime, se completează cu nisip, pietriş, zgură, pentru ruperea capilarităţii. Rostul dintre pardoseală şi perete se acoperă cu pervaz.

După sistemul de îmbinare, se disting : pardoseli din dulapi joantivi (fig. 22.26, *a*), pardoseli din dulapi asamblaţi cu şipci (fig. 22.26, *b*), pardoseli din dulapi asamblaţi în jumătatea lemnului (fig. 22.26, *c*) şi pardoseli din dulapi asamblaţi în nut şi feder (fig. 22.26, *d*).

Rezemarea grinzişoarelor de lemn se poate face pe stîlpişori din zidărie de cărămidă amplasaţi la distanţa 0,60...0,75 m prin intermediul a 2 sau 3 straturi de carton lipite cu bitum pentru protecţia contra apei capilare (fig. 22.27). La subsoluri umede, pardoseala reazemă pe grinzişoare de tufan de 8×8 ... ...12×15 cm, dispuse pe strat de beton, izolat hidrofug. La nivelurile intermediare ale clădirilor cu mai multe etaje şi la podul clădirilor, pardoseala se alcătuieşte în funcţie de structura de rezistenţă a planşeului care poate fi de lemn, metal sau beton armat (fig. 22.28).

Fixarea duşumelelor de lemn se realizează cu cuie de 6 cm diametru, duşumelele îmbinate în jumătatea lemnului se fixează de fiecare grindă cu cîte un cui pentru a se evita deschiderea rosturilor datorită uscării scîndurilor (fig. 22.29). Duşumelele îmbinate în lambă şi uluc se fixează cu cîte un cui de fiecare grindă, montat în interiorul ulucului. Între duşumele şi perete se lasă un spaţiu de 1...1,5 cm pentru a asigura libera deformare a pardoselii. Pentru ca grosimea rosturilor la montaj să fie minimă, montarea dulapilor se face cu ajutorul

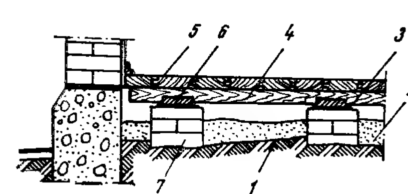


Fig. 22.27. Duşumele pe stîlpişori de cărămidă:

1 — pămînt natural; *2* — strat din pietriş pentru ruperea capilarităţii; *3* — hidroizolaţie; *4* — grinzişoare; *5* — duşumea; *6* — pene din lemn; *7* — stîlpişori de cărămidă.

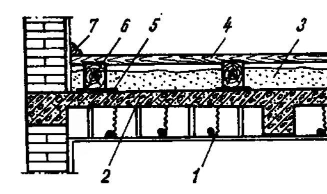


Fig. 22.28. Pardoseală din lemn la planşee de beton armat:

1 — tencuială pe rabiţ; *2* — planşeu de beton armat; *3* — umplutură din zgură; *4* — pardoseală din duşumele; *5* — carton bitumat; *6* — rigle; *7* — pervaz.

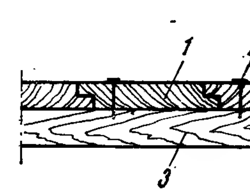


Fig. 22.29. Fixarea cu cuie a duşumelelor cu falţ:

1 — duşumele; *2* — cui; *3* — riglă.

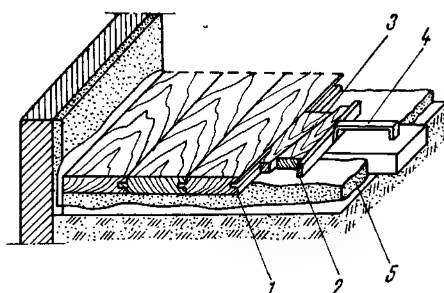


Fig. 22.30. Montarea duşumelelor cu nut şi feder:

1 – dulap; *2* – şipcă pentru glisarea penelor; *3* – pene reglabile; *4* – scoabă; *5* – umplutură.

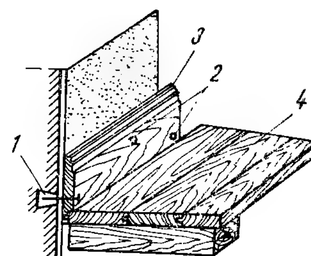


Fig. 22.31. Racordarea cu plinte a duşumelelor:

1 – diblu; *2* – şurub; *3* – plintă; *4* – duşumea.

unor pene reglabile, astfel încît să se obţină contact cît mai perfect la rosturi (fig. 22.30).

Racordarea dintre pardoseală şi pereţi se realizează cu plinte de lemn fixate cu şuruburi sau cuie în dibluri de lemn, montate cu mortar de ipsos în goluri prevăzute în pereţi (fig. 22.31).

22.4.7.2. **Pardoseli de parchet**. Sînt realizate din lamele de stejar, fag, castan, carpen, brad, de lăţime 2,8. . .9 cm, lungime 11. . .45 cm, grosime 1,0; 1,7 sau 2,2 cm, îmbinate întreele şi solidarizate de stratul suport.

Pardoselile de parchet sînt calde şi de aceea sînt indicate la locuinţe, birouri, unele laboratoare, săli de clasă, de recepţie, biblioteci, săli de spectacole, săli social-culturale. În ţara noastră se folosesc următoarele tipuri de parchet:

— *cu lambă şi uluc* (*nut şi feder*) (fig. 22.32, *a*);

— *cu uluc pe toate patru laturile* (fig. 22.32, *b*), asamblarea făcîndu-se cu şipci;

— *cu falţ în coadă de rîndunică* pentru montaj în mastic bituminos (fig. 22.32, *c*);

— *lamelar* (fig. 22.32, *d*).

Se mai folosesc parchete trapezoidale fixate în mastic bituminos şi panouri din lamele de stejar sau fag de 1 cm grosime şi cu dimensiuni de 12,5 × 2,5 cm

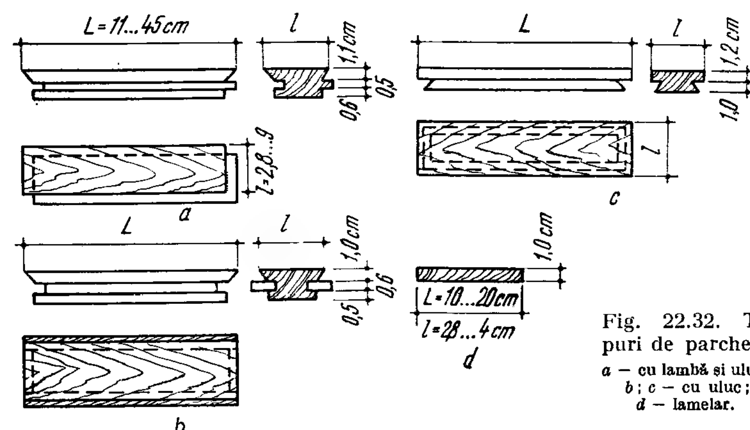


Fig. 22.32. Tipuri de parchet:

a – cu lambă şi uluc *b*; *c* – cu uluc; *d* – lamelar.

sau 20 × 2,5 cm. Pe contur se prevăd frizuri de 2 m lungime, cu uluc pe laturile lungi permiţînd asamblarea cu lamelele de parchet (fig. 22.33, *a*); rostul dintre pardoseală şi perete se maschează cu pervaz (fig. 22.33, *b,c*) sau cu plintă (fig. 22. 33, *d*).

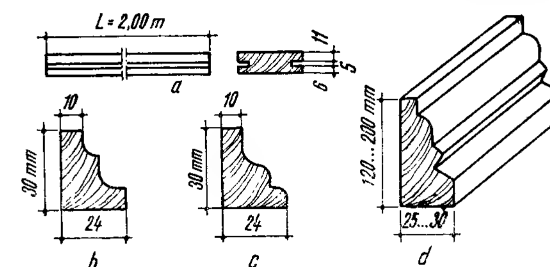


Fig. 22.33. Elemente auxiliare folosite la pardoseli de parchet:

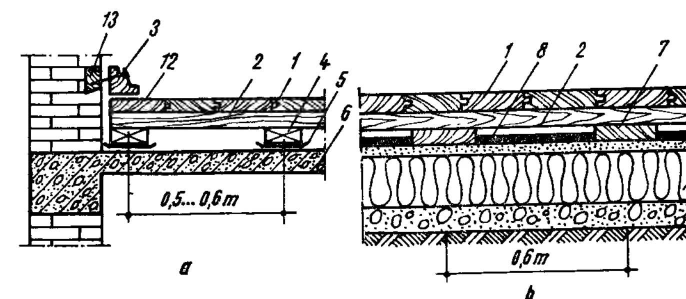
a – friz; *b*; *c* – pervaz; *d* – plintă.

Pardoselile de parchet se folosesc pe suport de beton simplu la parter şi pe suport din grinzi metalice, de lemn sau pe planşee de beton armat (monolit sau din elemente prefabricate) la nivelurile intermediare. După sistemul de montare şi după natura legăturii dintre parchet şi stratul suport se disting următoarele tipuri de pardoseli: parchet pe duşumea oarbă, parchet în mastic bituminos, panouri din lamele pe dală flotantă.

Pardoselile pe duşumea oarbă se realizează prin fixarea cu cuie a lamelelor de parchet pe duşumea oarbă, de 1,8 sau 2,2 cm grosime şi 14. . . 20 cm lăţime, montată cu rosturi de 1. . .1,5 cm. Duşumeaua oarbă reazemă pe grinzişoare de lemn de 8 ×10. . . 6 × 8 cm, amplasate la 0,5. . .0,6 m distanţă sau direct pe placa de beton armat fixată în mastic bituminos. Grinzişoarele se fixează pe planşeul din beton armat în umplutură (fig. 22.34, *a*), cu mastic bituminos sau cu cuie. La parter, montarea pardoselii se realizează pe strat de beton de egalizare, B 50, de 10 cm grosime turnat după compactarea cu maiul a pămîntului. Cînd duşumeaua oarbă reazemă direct pe placa de beton, în rosturi se toarnă mastic bituminos care umple spaţiul dintre duşumeaua oarbă şi placa de beton armat şi pentru ca parchetul să poată respira se lasă 1 cm din rost neumplut cu mastic. Pentru a asigura izolarea termică şi acustică a pardoselii, peste placa de beton se prevede beton de zgură, 6. . .8 cm grosime sau nisip, 5 cm grosime. În acest caz, pentru montarea duşumelei oarbe este necesară executarea unui strat de egalizare din mortar de ciment-nisip 1 : 4, de grosime 2 cm (fig. 22.34, *b*). Umiditatea parchetului la montaj se limitează la maximum 12%. La perete se montează frizuri cu interspaţiu de 1. . .1,5 cm faţă de perete, pentru a asigura libera deformare a parchetului datorită umidităţii. Frizurile se fixează cu cuie de 4 cm lungime, bătute la 30 cm distanţă, fixate

Fig. 22.34. Pardoseli din parchet pe duşumea oarbă:

a – cu duşumeaua oarbă fixată pe grinzişoare; *b* – cu duşumea oarbă fixată în mastic bituminos; *1* – lamelă de parchet; *2* – duşumea oarbă; *3* – pervaz; *4* – grinzişoare; *5* – strat de carton bitumat; *6* – placă de beton armat; *7* – scînduri pentru fixarea duşumelei oarbe; *8* – mastic bituminos; *9* – mortar de egalizare; *10* – beton de zgură; *11* – beton de egalizare; *12* – friz; *13* – diblu din lemn.



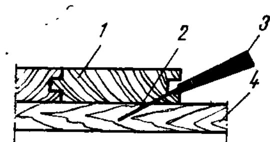


Fig. 22.35. Baterea cuielor cu spițul metalic:
1 — lamelă de parchet; *2* — cui; *3* — spiț; *4* — dușumea oarbă.

ca și parchetul, cu spițul metalic (fig. 22.35). Montarea parchetului se poate face în prelungire sau în frizuri, cînd lamelele sînt dispuse cap la cap (fig. 22.36, *a*); în zigzag simplu, lamelele de parchet fiind dispuse la 45° (fig. 22.36, *b*); la 45° în șah cu bordură tot din lamele (fig. 22.36, *c*, *d*); împletit (fig. 22. 36, *e*).

Pentru a se obține planeitatea suprafeței, după montaj, parchetul se curăță cu mașina sau cu țiclingul. Parchetul se finisează prin ceruire și lustruire cu ceară de parchet (amestec de parafină cu cerezină tip 15 sau tip 30, dizolvate în spirt). Amestecul se întinde cald pe parchet cu o cîrpă moale, se lasă 24 ore, după care se dă al doilea strat și se freacă cu pîslă moale pînă se obține lustru. Rostul dintre pardoseală și perete se acoperă cu pervaz sau plintă, similar pardoselilor de dușumele.

Pardoselile de parchet montat în mastic bituminos se realizează din lamele obișnuite sau speciale în coadă de rîndunică, așezate pe mastic bituminos cald, de 1...3 cm grosime și nisip fin de grosime 1,2...1,5 cm (fig. 22.37). Stratul de mastic bituminos se prepară din bitum 30...40%, filer de calcar 40... 55% și nisip 15...20%. Aceste pardoseli nu se pot curăța cu benzină, deoarece pătrunde între rosturi și dizolvă bitumul.

Pardoselile din parchet pe dală flotantă se folosesc pentru a mări capacitatea de izolare acustică. Soluția folosește în mod curent pentru stratul de uzură parchetul lamelar care se lipește cu adeziv Movirom, Aracet EC (acetat de polivinil) sau Elastobit (bitum-cauciuc la cald), după amorsarea suprafeței cu Elastosol (bitum-cauciuc și colofoniu în solvenți ca toluen, benzină, white-spirt), pe șapă din beton B 200 de 3,5 cm grosime, cu umiditatea de maximum 3%, rezemată elastic pe vată minerală, polistiren, plăci de plută, de rumbeton etc. (fig. 22.38, *a*). Suportul elastic se poate realiza și din plăci PFL de 16 mm grosime, cu umiditate sub 10%, lipite la cald cu bitum pe suport din mortar de ciment, de 1,5 cm grosime, cu dozaj 400 kg ciment la 1 m³ nisip (fig. 22.38, *b*).

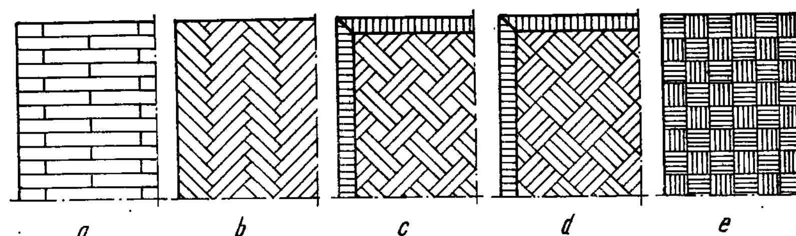


Fig. 22.36. Sisteme de montare a parchetului:
a — în prelungire (în frizuri); *b* — în zigzag simplu; *c*; *d* — în șah cu bordură din lamele; *e* — împletit.

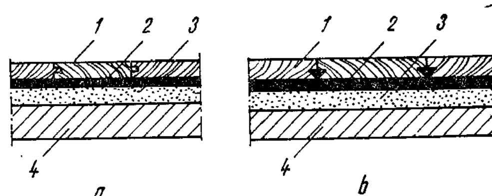
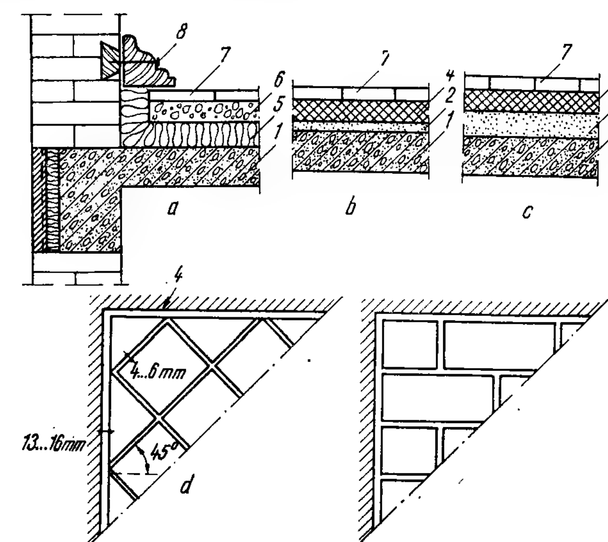


Fig. 22.37. Pardoseli din parchet montat în mastic bituminos:
a — parchet obișnuit; *b* — parchet în coadă de rîndunică; *1* — lamelă de parchet; *2* — strat de mastic bituminos; *3* — nisip; *4* — planșeu de beton armat.

Fig. 22.38. Pardoseli pe dală flotantă:
a — pe dală de beton armat și fonoizolație; *b* — pe strat suport din PFL; *c* — pe strat suport din PFL și nisip; *d* — montarea PFL-ului la 45° pentru parchet lamelar; *e* — montarea PFL-ului paralel cu laturile încăperii, la parchet cu lambă și uluc; *1* — planșeu; *2* — mortar de ciment; *3* — nisip sau pudretă de cauciuc; *4* — PFL dur; *5* — vată minerală, rumbeton sau polistiren expandat; *6* — șapă din beton B 200; *7* — parchet lamelar; *8* — pervaz montat cu cuie în diblu de lemn.



Flotanța suportului pardoselii în acest caz se asigură prin rezemarea sa pe strat de nisip de 1,5 cm grosime, cu granule 0...7 mm sau pe pudretă de cauciuc cu grosime 1,5 cm (fig. 22.38, *c*). Pozarea plăcilor PFL se face la 45° în cazul parchetelor lamelare (fig. 22.38, *d*) și paralel cu laturile încăperilor la parchetele cu lambă și uluc (fig. 22. 38, *e*).

Stratul de uzură al pardoselilor de lemn se poate realiza și din plăci PFL extradure, obținute din fibre de lemn presate și încleiate cu emulsii de cleiuri rezistente la apă, lipite cu Movirom pe strat de PFL poros sau direct pe șapă de mortar de ciment. Plăcile PFL combinate (duplex), alcătuite din PFL extradur, de 4...5 mm grosime (strat de uzură) și PFL poros de 10 mm (strat suport) pot fi aplicate pe strat de amortizare din nisip, 2...3 cm grosime sau pe pudretă de cauciuc.

22.4.8. PARDOSELI DIN MATERIALE BITUMINOASE

Se realizează dintr-un amestec de nisip, pietriș mărgăritar, filer de calcar și var nestins, legate cu bitum *B* sau *C* executate monolit sau din dale prefabricate de grosime 2...3 cm, pe strat de egalizare din beton B 200, de 3 cm grosime. Sînt pardoseli elastice, impermeabile, rezistente la uzură, izolante la zgomotul din circulație, izolante termic, nealunecoase, ușor de reparat și întreținut, rezistente la anumiți acizi și baze și permit realizarea de economii de lemn și ciment. Nu rezistă însă la căldură, la acțiunea derivatelor de petrol, a uleiurilor minerale și a solvenților organici ai bitumului, iar la încărcări concentrate prezintă deformații. Se utilizează la săli de sport, ateliere, celule frigorifice, antrepozite etc.

22.4.8.1. **Pardoseli din mastic bituminos turnat la cald.** La pardoselile din construcțiile acoperite se folosește bitum cu penetrație 4,0...5,0 mm iar la pardoselile neacoperite, bitum cu penetrație 3,0...4,0 mm. La pardoselile rezistente la acizi sau baze, se folosește filer din roci rezistente la acizi, respectiv la substanțe bazice (bazalt, cuarțit, calcar, dolomit etc.). Nisipul

Materiale	în % din greutatea mixturii		
	cu filer de calcar	cu filer de var stins	cu alte filere
nisip 3 ...7 mm	15...35	15...35	15...35
nisip 0,1..3 mm	25...52	42...69	Se vor determina în raport cu finețea filerului
filer	25...30	8...12	
bitum	8...11	8...11	8...11

utilizat are granule între 0,1 şi 3 mm iar mărgăritarul între 3 şi 7 mm. Dozajele materialelor componente ale masticului bituminos sînt prezentate în tabelul 22.1. Suportul stratului de uzură poate fi beton B 50, 8...10 cm grosime, pămînt compactat 12...15 cm grosime, nisip sau pietriş.

Aderenţa de suport se asigură cu strat de amorsare din bitum filerizat diluat cu volume egale de apă (0,5 kg/m²) sau bitum tăiat cu petrol lampant în proporţie de 50...60% bitum, restul petrol (0,250 kg/m² bitum tăiat). Amestecul pentru realizarea stratului suport se prepară la temperatura 170...190°C şi se toarnă la temperatura 150°C. După turnarea masticului bituminos, pentru a se obţine o suprafaţă aspră se presară uniform 2...3 kg/m² nisip grăunţos cu granulaţia 1...2 mm. La încăperi umede, pentru dirijarea apelor spre gurile de scurgere, pardoselile se proiectează cu pante de 2%. Racordarea dintre pardoseala de mastic bituminos şi perete se realizează cu pervaz de lemn (fig. 22.39, *a*), plintă metalică (fig. 22.39, *b*) sau scafă ceramică (fig. 22. 39, *c*). Întreţinerea pardoselilor se realizează prin spălare cu apă; spălarea cu petrol şi reziduuri petroliere este contraindicată.

22.4.8.2. **Pardoseli din mastic bituminos turnat la rece.** Se foloseşte ca material de amorsare şi liant suspensia de bitum filerizat (subif). La amorsare se utilizează în proporţie de 1 : 1 (suspensie : apă), în volume, iar ca liant suspensie diluată în proporţie 2...3 părţi subif la o parte apă. Agregatele folosite au granulozitatea continuă (0...7 mm) sau discontinuă, sub formă de amestec de nisip cu granulaţie 0,2...1 mm şi mărgăritar cu granulaţie 3...5 mm.

Amestecul de liant şi agregat se realizează din 14...17,5% subif, 70...74,5% agregat şi restul apă. Se poate folosi şi piatră de mozaic, în care caz dozarea se face după reţeta: 14% subif, 80...82% piatră de mozaic şi restul apă. Pardoselile cu agregat din piatră de mozaic se freacă ca şi pardoselile de mozaic.

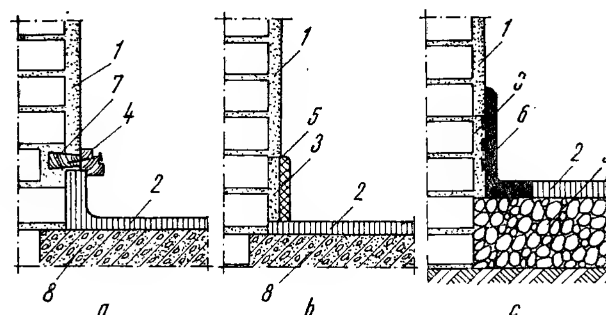


Fig. 22.39. Racordarea dintre pardoseala de mastic bituminos şi perete:
a – cu pervaz de lemn; *b* – cu plintă metalică; *c* – cu scafă ceramică; *1* – tencuială; *2* – mastic bituminos; *3* – mortar de ciment; *4* – pervaz de lemn; *5* – plintă metalică; *6* – scafă ceramică; *7* – diblu din lemn; *8* – placă de beton armat; *9* – strat de pietriş şi argilă.

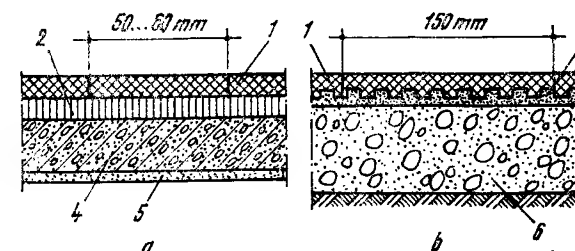


Fig. 22.40. Pardoseli din plăci de mastic bituminos;
a – la niveluri intermediare; *b* – la parter; *1* – plăci din mastic bituminos; *2* – strat de poză din mastic bituminos; *3* – strat de poză din mortar de ciment; *4* – planşeu din beton armat; *5* – tencuială; *6* – strat suport din beton B 50.

22.4.8.3. **Pardoseli din dale de mastic bituminos.** Se realizează ca şi pardoselile de mastic bituminos turnat, dintr-un amestec de 6... 8% bitum, 10...25% filer (praf de calcar) şi restul nisip cuarţos cu granule de 3...5 mm, turnat în forme şi supus la presiunea de 200...600 daN/cm². Dalele au dimensiunile de 5 × 7... 50 × 50 cm şi grosimea de 3 ... 30 mm. Se pot folosi şi plăci de mastic bituminos colorat, preparate din amestec de colofoniu 10%, filer din praf de mozaic de marmură 80%, coloranţi minerali 10%. Pentru a mări aderenţa la stratul suport, plăcile se fac cu striuri la partea inferioară.

Pardoselile din dale de mastic bituminos pot rezema pe planşee rigide de beton armat la nivelurile intermediare (fig. 22. 40, *a*) sau pe strat de egalizare de beton (fig. 22.40, *b*). Montarea dalelor se face cu mortar de ciment, var cu ciment, mastic de bitum preparat la cald sau la rece. Dalele se completează la rosturi cu mortar de ciment sau mastic de bitum.

Pardoselile din dale de mastic bituminos se utilizează la încăperi social-culturale, magazine, spaţii de depozitare, ateliere etc.

22.4.9. PARDOSELI DIN MATERIALE SPECIALE

22.4.9.1. **Pardoseli din xilolit.** Sînt alcătuite din mortar de ciment magnezian şi agregate organice sau anorganice (rumeguş de lemn, azbest, talc, pămînt de diatomit) şi culori minerale. Pardoselile de xilolit se pot realiza fără rosturi (turnate monolit) sau cu rosturi (din plăci prefabricate).

Pardoselile fără rosturi se realizează în două straturi, fiecare avînd grosimea de 8... 20 mm. Stratul de bază este mai poros fiind izolant termic şi acustic iar stratul de uzură este mai compact şi mai rezistent la acţiunile mecanice. Stratul inferior se realizează din amestec de magnezită 1 *p*, rumeguş de lemn 4 *p*, soluţie de clorură de magneziu în cantitate necesară pentru a obţine o pastă moale, talc, praf de piatră şi acizi minerali. Stratul de uzură se execută cu următorul dozaj la un amestec: rumeguş trecut prin sita de 1,5 mm 0,60 m³, praf de lemn 0,30 m³, magnezită 0,52 m³, soluţie de clorură de magneziu 0,75 m³, talc 0,09 m³, coloranţi minerali 50 kg. Amestecul se dispune pe suport rigid de beton simplu sau beton armat, la temperatura de cel puţin + 10°C. Stratul superior se toarnă la 2 zile de la executarea stratului inferior. După întărirea stratului de uzură, suprafaţa pardoselii se şlefuieşte cu ţiclingul şi cu piatra de polizat, folosind soluţie de clorură de magneziu în loc de apă. Rostul dintre pardoseală şi perete, în grosime de 5 mm, se acoperă cu pervaz de lemn fixat cu cuie în dibluri de lemn (fig. 22.41). După 25... 30 zile, suprafaţa se tratează cu ulei de in fiert, se freacă cu ceară sau cu amestec de ceară, parafină şi terebentină.

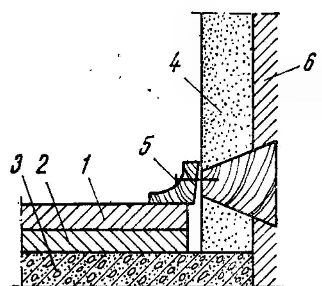


Fig. 22.41. Racordarea dintre pardoseala de xilolit și perete cu pervaz din lemn :

1 – strat de uzură din xilolit; *2* – strat de bază din xilolit; *3* – strat suport din beton; *4* – tencuială; *5* – pervaz; *6* – perete.

Pardoselile de xilolit din plăci prefabricate de 20 × 20 ... 100 × 100 cm realizate prin presare și tratament termic se fixează pe strat suport de beton simplu, beton armat sau pe strat de oxid de magneziu și soluție de clorură de magneziu.

22.4.9.2. **Pardoseli de linoleum.** Se realizează din foi livrate în suluri, avînd dimensiunile 0,60...3,50m lățime, 20 ... 30 m lungime și 2 ... 10 mm grosime, obținute din amestec omogen de făină de lemn, praf de plută și linoxină (ulei de in fiert cu adaos de materii sicative oxidate după procedee speciale), presat pe țesătură de iută, între doi cilindri încălziți; poate fi colorat brun, verde, albastru, cenușiu, unicolor sau în mai multe nuanțe (granitat, jaspat marmorat, incrustat) sau cu desene. Partea inferioară a linoleumului se vopsește cu miniu de plumb.

Pardoselile din linoleum sînt calde, nu rețin praf, sînt igienice, izolante termic și acustic, estetice, ușor de întreținut. Sînt indicate în spitale, case de locuit, localuri publice.

Linoleumul se fixează pe strat suport de beton sau lemn pregătit special prin executarea unui strat de ipsos, 1...2 cm grosime, așezat pe strat subțire de bitum (2...3 mm), nisip (1,5...2 cm) sau carton bitumat (fig. 22.42. *a*, *b*). Linoleumul se poate aplica direct și pe strat de asfalt de 1,5...2 cm grosime (fig. 22.42, *c*). La încăperi uscate se recomandă strat suport de ipsos iar la încăperi umede, mastic bituminos. La suport de lemn (fig. 22.42, *d*), suprafața pardoselii vechi se șpacluiește cu ipsos, se montează cu clei de secară un strat de pîslă (filț) de 3 mm grosime iar fîșiile de linoleum se lipesc perpendicular pe fîșiile de pîslă cu clei de copal dizolvat în alcool sau clei de cazeină (în mediu uscat). La încăperi umede, lipirea linoleumului se realizează cu mastic bituminos. Rostul dintre pardoseală și perete se acoperă cu pervaz sau plintă de lemn. Întreținerea pardoselii se asigură prin spălare cu apă și săpun, ștergere cu stofă uscată, ceruire și lustruire.

22.4.9.3. **Pardoseli de cauciuc.** Se prezintă sub formă de covoare (relin) avînd lățimea 1,0; 1,20; 1,50 sau 1,80 m, lungimea 15...20 m și grosimea 3; 4 sau 6 mm, într-unul sau în două straturi. Se pot folosi la birouri, locuințe, vestibule, săli de spectacole, scări. Suprafața pardoselilor poate fi netedă sau cu desene în relief, unicoloră sau colorată diferit sau cu modele.

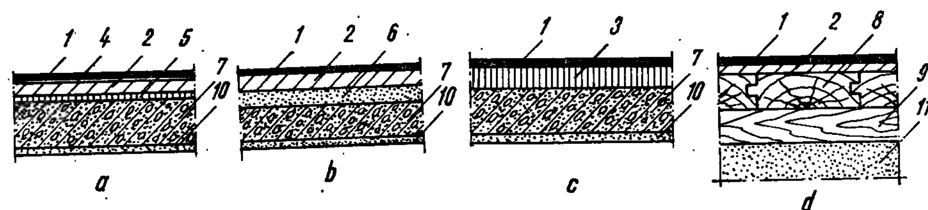


Fig. 22.42. Pardoseli de linoleum :

a – pe strat suport de ipsos și bitum; *b* – pe strat suport de ipsos și nisip; *c* – pe strat suport din mastic bituminos; *d* – pe strat suport din lemn; *1* – strat de uzură din linoleum; *2* – strat suport din ipsos; *3* – mastic bituminos; *4* – șpacluială; *5* – strat de bitum; *6* – nisip; *7* – planșeu de beton armat; *8* – dușumea din lemn; *9* – grinzi din lemn; *10* – tencuială; *11* – strat de umplutură.

Se obțin pardoseli igienice, elastice, durabile, ușor de întreținut, estetice. La încăperi cu cerințe de izolare termică și acustică se poate folosi cauciuc spongios sau polimer spongios ca substrat, stratul de uzură fiind compactat pentru a rezista la circulație.

Se utilizează la încăperi pentru creșe sau cămine de copii, cinematografe, teatre, spitale, săli de baie etc. Covoarele din cauciuc se aplică pe suport plan și uscat prin lipire cu soluție de cauciuc 8...10% dizolvat în benzină, cu cleiuri de cazeină, rășină sau polimeri sau cu emulsii de bitum și cauciuc. Foile de cauciuc se pot vulcaniza la rosturi, obținîndu-se pardoseli continue. Întreținerea pardoselii se face prin spălare cu apă și săpun.

22.4.10. PARDOSELI DIN MATERIALE PLASTICE ȘI DIN MOCHETE

În cadrul extinderii folosirii materialelor moderne de construcții, se prevede, în perspectivă, ca 50% din pardoselile clădirilor de locuit și social-culturale să se realizeze din materiale pe bază de polimeri, sub formă de :

– *dale PVC* pe bază de policlorură de vinil, presate, imprimate sau neimprimate, cu dimensiunile 25×25×2,5 mm și calandrate cu dimensiunile 25×25×1,5...1,56 mm (tip *Renolit*), montate cu rosturi continue sau decalate;

– *covoare PVC*, cu suport textil, avînd lățime 100...120 cm și grosime 2...3 mm, care asigură izolarea acustică, fiind indicate la încăperi de locuit și fără suport textil, grosime 1,56 mm (*Renolit*), indicate la băi, bucătării și în general la încăperi fără cerințe de izolare fonică;

– *masă de șpaclu*, pe bază de acetat de polivinil, în grosime de 3 mm, rigidă sau elastică, sub formă de pardoseală continuă, fără rosturi, utilizată la școli și saloane de spital;

– *plăci din spumă de poliuretan* sau *spumă de polistiren*;

– *covoare de lignolit* preparat din făină de lemn, cauciuc, caolin, plastifiant și coloranți.

Aplicarea pardoselilor din materiale plastice se face pe suport rigid din șapă de mortar de ciment M 100, tratat la partea superioară cu tinci de ciment preparat cu nisip de granulație 0...1 mm, avînd umiditatea sub 7% (sub 2,5% în cazul utilizării adezivilor organici). Se folosesc adezivi : *Aracet EC* (suspensie apoasă pe bază de acetat de polivinil), *Prenadez SB*, *Elastosol LBC* 15–16 pe bază de bitum cu punct de înmuiere 80...85°C, soluție de cauciuc *L*–1 200 *G* sau adezivi pe bază de copolimeri (policlorură de vinil și acetat de polivinil), de exemplu, *Rovinil*, *Roviflex*. Dalele și covoarele PVC se aplică prin

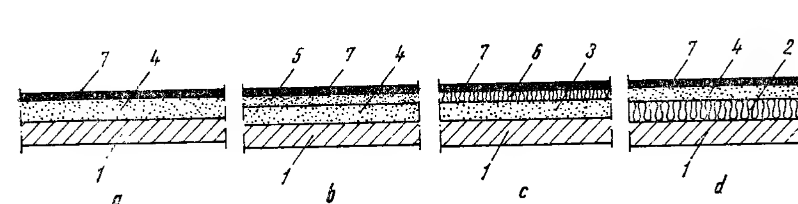


Fig. 22.43. Pardoseli din polimeri sintetici :

a – neizolate acustic; *b*; *c*; *d* – izolate acustic; *1* – planșeu din beton armat; *2* – pudretă de cauciuc neaglomerată; *3* – strat de nisip; *4* – strat suport din mortar de ciment M 100; *5* – pudretă de cauciuc aglomerată cu Aracet; *6* – PFL poros; *7* – strat de uzură din polimeri sintetici lipit cu adezivi.

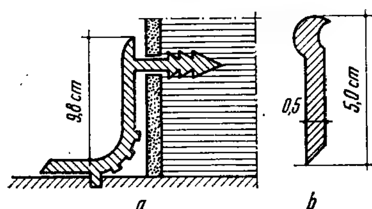


Fig. 22.44. Scafe şi plinte din materiale plastice :
a – scafă ; b – plintă.

lipire cu soluţie de cauciuc, pe amorsaj din soluţie de cauciuc 50 şi white-spirt 50% sau cu prenadez SB, aplicat în două straturi (unul pe suport şi celălalt pe spatele dalelor). Covorul de lignolit se lipeşte cu soluţie de bitum-cauciuc. Montarea pardoselilor se face la temperaturi de cel puţin 16°C şi umiditate ≤ 60%. În figura 22.43 se prezintă structuri de pardoseli din materiale plastice, în funcţie de natura suportului şi de condiţiile de izolare acustică. La încăperi fără cerinţe de izolare acustică, aplicarea straturilor de uzură din materiale plastice se face direct pe şapa din mortar. Pentru a se asigura izolarea acustică, se poate folosi strat suport din pudretă de cauciuc aglomerată cu Aracet, de 1,5 cm grosime sau strat suport pe dală flotantă realizat din şapă B 200, 3,5 cm grosime sau PFL poros de 12,5 mm grosime şi substrat din vată minerală, nisip de 1,5 cm grosime (cu granulaţia 0...7 mm) sau pudretă de cauciuc (cu granulaţia 0...5 mm) neaglomerată, de 1,5 cm grosime. La rosturile dintre pardoseală şi perete se aplică scafe şi plinte din materiale plastice (fig. 22.44).

22.5. DIMENSIONAREA FUNCŢIONALĂ A PARDOSELILOR

22.5.1. CARACTERISTICILE TERMICE ALE PARDOSELILOR

Soluţionarea judicioasă a pardoselilor din punct de vedere termic este o cerinţă importantă, avînd în vedere faptul că omul prin intermediul încălţămintei vine în contact direct cu aceste elemente de construcţie. La diferenţe mici de temperatură dintre corpul omenesc şi pardoseală, asigurarea confortului termic este condiţionată de schimburile de căldură care se fac prin conducţie, iar la diferenţe mai mari de temperatură intervin şi fenomene de radiaţie şi convecţie [46]. Avînd în vedere aceste considerente, se abordează soluţionarea termică a pardoselii pe calea stabilirii diferenţei de temperatură maximă admisibilă dintre aerul din încăpere şi suprafaţa elementului de construcţie, recomandîndu-se pentru clădiri de locuit şi social-culturale, valoarea $\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_{si} = +2{,}5°C$. Rezistenţa termică necesară, în m² °C/W, pentru a asigura $\Delta\theta_i < 2{,}5°C$ rezultă :

$$R_{o\,nec} = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_{si}} R_i = \frac{20+15}{2{,}5} \times 0{,}172 = 2{,}4. \qquad (22.1)$$

Aplicarea acestei condiţii determină costuri mari în ceea ce priveşte izolaţia termică necesară astfel încît STAS 6472–74 prevede prescripţii mai puţin severe :

– la clădiri de locuit şi social-culturale $\Delta\theta_i < 4°C$;
– la clădiri industriale de producţie $\Delta\theta_i < 7°C$.

Considerînd temperatura curentă a aerului interior la valoarea $\theta_i = +20°C$, rezultă că temperatura necesară pentru suprafaţa pardoselii este $\theta_{si} > 16°C$. La stabilirea acestor recomandări se are în vedere faptul că senzaţia de confort este influenţată şi de alţi factori în afara temperaturii suprafeţei pardoselii

şi anume : temperatura şi viteza aerului interior, durata de staţionare, natura materialelor pardoselilor, caracteristicile încălţămintei şi condiţiile subiective ale omului.

Valorile normate ale rezistenţelor termice $R_{o\,nec}$, în m² °C/W, ale ansamblului planşeu-pardoseală, în funcţie de poziţia elementului în construcţie sînt următoarele :

– planşee intermediare la locuinţe 0,65 m² °C/W ;
– planşee peste subsoluri 0,95 m² °C/W ;
– planşee peste pasaje deschise 1,75...2,35 m² °C/W ;
– planşee la terase circulabile 0,75 m² °C/W.

Caracterizarea materialelor pardoselilor din punctul de vedere al confortului termic se poate obţine prin considerarea coeficientului de asimilare termică S_{24} şi a coeficientului de pătrundere a căldurii, b, în W h$^{1/2}$/m² °C :

$$S_{24} = 0{,}59\sqrt{\lambda C \rho}, \qquad (22.2)$$

$$b = \sqrt{\lambda C \rho}. \qquad (22.3)$$

În funcţie de valorile coeficientului, b, pardoselile se clasifică astfel :

– pardoseli foarte calde $b < 5{,}9$ Wh$^{1/2}$/m² °C ;
– pardoseli calde $b = 6{,}0...11{,}5$ W h$^{1/2}$/m² °C ;
– pardoseli călduroase $b = 11{,}6...17{,}4$W h$^{1/2}$/m² °C ;
– pardoseli răcoroase $b = 17{,}5...23{,}2$ W h$^{1/2}$/m² °C ;
– pardoseli reci $b > 23{,}3$ W h$^{1/2}$/m² °C.

Luînd în considerare că temperatura suprafeţei de contact dintre corpul omenesc şi pardoseală depinde de temperaturile elementelor în contact θ_1, θ_2 şi de coeficienţii de asimilare termică S_1 şi S_2 ai celor două corpuri, valoarea temperaturii de contact, θ_c, rezultă din egalitatea fluxurilor de căldură :

$$(\theta_1 - \theta_c)\sqrt{\lambda_1 C_1 \rho_1} = (\theta_c - \theta_2)\sqrt{\lambda_2 C_2 \rho_2}, \qquad (22.4)$$

de unde :

$$\theta_c = \frac{\theta_1 b_1 + \theta_2 b_2}{b_1 + b_2}; \qquad (22.5)$$

sau :

$$\theta_c = \frac{\theta_1 S_1 + \theta_2 S_2}{S_1 + S_2}. \qquad (22.6)$$

În funcţie de valorile coeficienţilor de asimilare termică ai corpului omenesc ($S_1 = 9{,}3$ W/m² °C), ai diferitelor materiale ($S_2 = 2{,}8...17{,}8$ W/m² °C) şi de temperatura suprafeţei pardoselilor, valorile θ_c pot fi cuprinse între 22 şi 28°C, valoarea cea mai mare fiind cea mai favorabilă.

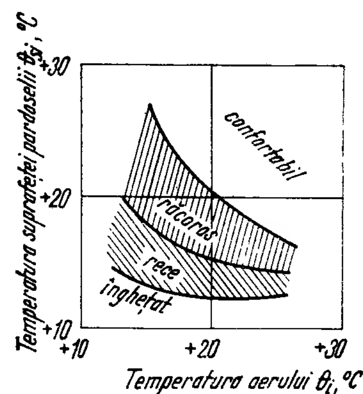


Fig. 22.45. Relația dintre temperatura pardoselii, temperatura aerului și senzația de confort termic.

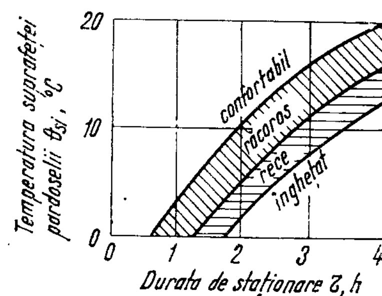


Fig. 22.46. Senzația de confort în funcție de temperatura suprafeței pardoselii și durata de staționare.

Pe baza cercetărilor efectuate de W. F r a n k, se prezintă în figura 22.45 clasificarea senzației termice în : confortabil, răcoros, rece și înghețat, în funcție de temperatura aerului și de temperatura suprafețelor pardoselii, iar în figura 22.46, în raport cu durata de staționare. Luînd în considerare factorii care influențează confortul termic în încăperile de producție, cu staționarea oamenilor, se prevăd structuri locale izolate termic, pentru locurile fixe, iar pentru zonele de circulație, structuri care să permită întreținerea ușoară a pardoselilor.

22.5.2. IZOLAREA ACUSTICĂ LA ZGOMOTUL DE IMPACT A PLANȘEULUI ȘI PARDOSELII. PARDOSELI PE DALĂ FLOTANTĂ

La zgomotul din impact, vibrația planșeului poate fi asimilată cu un model mecanic oscilant alcătuit dintr-o masă m, un resort și o rezistență vîscoasă (v. cap. 6). Nivelul de atenuare acustică la zgomotul din impact se obține cu relația (6.107).

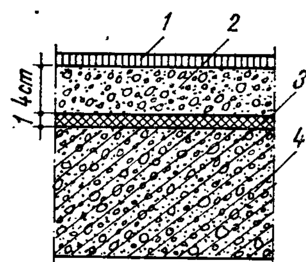


Fig. 22.47. Alcătuirea generală a dalei flotante : 1 – pardoseală dură sau elastică; 2 – dală rigidă din beton slab armat; 3 – strat elastic; 4 – planșeu de rezistență.

Aportul pardoselii la creșterea atenuării acustice la zgomotul de impact al planșeului depinde de rigiditatea materialului și de capacitatea sa de amortizare locală a oscilațiilor sonore din șoc. În cazul pardoselilor moi, îmbunătățirea izolării acustice se manifestă pentru valorile de frecvențe, f, mai mari decît frecvența de rezonanță, f_{rez}, a pardoselii, avînd o creștere cu frecvența de 12 dB/octavă, în baza relației (6. 108). Prezintă interes practic pardoselile din materiale moi, cauciuc moale, cele din materiale plastice nerigide, pardoselile flotante alcătuite dintr-un strat rigid realizat dintr-o dală de beton slab armat, de 3...5 cm grosime, care reazemă pe planșeu prin intermediul unui strat elastic, moale de 0,5...2 cm grosime (fig. 22.47). Dala împreună cu stratul elastic formează un sistem oscilant, avînd o anumită frecvență proprie, f_{rez} la care capacitatea de izolare este minimă. Modelul mecanic al sistemului oscilant dală-planșeu este prezentat în figura 22.48 ; notînd cu u_1 deplasarea pe verticală a masei m_1 a dalei cu rigiditatea la încovoiere B_1 și cu u_2 deplasarea pe verticală a masei m_2 a planșeului, cu rigiditatea la încovoiere B_2, mișcarea sistemului oscilant este dată de relațiile :

Fig. 22.48. Modelul mecanic oscilant la pardoseli cu dală flotantă : 1 – dală; 2 – resort (stratul elastic); 3 – planșeul brut.

$$B_1\nabla^4 u_1 + m_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} + K(u_1 + u_2) = F; \qquad (22.7)$$

$$B_2\nabla^4 u_2 + m_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} - K(u_1 - u_2) = 0, \qquad (22.8)$$

în care :

$$\nabla^4 u = \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4}. \qquad (22.9)$$

Rezolvînd sistemul de ecuații (22.7) și (22.8), aportul de izolare acustică ΔL_p, realizat de pardoseală este dat de relația :

$$\Delta L_p = 10\lg\left\{\left(\frac{\lambda+1}{\lambda}\right)^2 + \alpha^2(1-\beta\lambda)\left[\alpha^2(1-\beta\lambda) - 2\frac{\lambda-1}{\lambda}\right]\right\}, \qquad (22.10)$$

în care :

$$\lambda = \frac{m_2}{m_1};\ \alpha = \frac{f}{f_{rez}};\ \beta = \frac{B_1}{B_2};$$

Tabelul 22.2

Materialul	Grosimea, h, cm	Modulul de elasticitate, E, N/cm²	Rigiditatea totală, S, N/cm³
Volum de aer în strat	0,5	11,3	22,6
	1,0	11,3	11,3
	1,5	11,3	7,5
Saltele din fibre de sticlă	2,0	11,3	5,7
	1,5	—	9,0
Granule de plută	1,0	50,0	61,0
	0,8	—	139,0
	0,6	—	179,0
Pislă	0,6	26,0	62,0
Plăci din fibre de sticlă	1,0	9,0	20,0
Plăci de vată minerală	0,9	8,0	20,0
Spumă de rășini sintetice	1,0	50,0	61,0
Carton bitumat	0,5	55,0	133,0
Plăci ușoare de lemn	2,5	17,0	680,0

Tabelul 22.3

Tipul de pardoseală	Aportul pardoselii la izolarea fonică, ΔL_p, dB
Parchet de stejar de 10 mm grosime lipit cu aracet pe planşeul nivelat	+ 5
Idem, pe PFL poros de 25 mm grosime	+11
Parchet obişnuit fixat în cuie pe plăci din fibrobeton de 35 mm grosime şi strat de nisip de 30 mm grosime	+ 9
Parchet de 10 mm pe dală de beton de 35 mm, carton bitumat şi pudretă de cauciuc	+18
Covor PVC de 25 mm, pe dală de beton de 35 mm, carton bitumat şi polistiren ecruisat de 10 mm grosime	+20

f este frecvenţa curentă în domeniul de frecvenţe 100...3 200 Hz.

Frecvenţa proprie a dalei, f_{rez}, de masă m_1, se poate calcula cu relaţia :

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m_1}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{s}{m_1}}, \qquad (22.11)$$

în care s este coeficientul de rigiditate dinamică al dalei, în daN/cm³, cu valorile prezentate în tabelul 22.2, pentru materiale uzuale, calculate cu relaţia :

$$s = \frac{E_d}{h}, \qquad (22.12)$$

unde : E_d, în daN/cm², repezintă modulul de elasticitate dinamică al materialului de grosime h, în cm.

Pentru cazul cînd $B_1 = 0$, de exemplu, la planşeu din fîşii prefabricate, expresia ΔL_p devine :

$$\Delta L_p = 10 \lg \left[\left(\frac{\lambda+1}{\lambda}\right)^2 + \alpha^2\left(\alpha^2 - 2\,\frac{\lambda-1}{\lambda}\right)\right]. \qquad (22.13)$$

Pentru frecvenţe mari ce interesează practic, relaţia (22.13) se poate simplifica astfel :

$$\Delta L_p = 10 \lg \left(\frac{f}{f_{rez}}\right)^4 = 40 \lg \frac{f}{f_{rez}}. \qquad (22.14)$$

Considerînd masa dalei şi pardoselii m_1, în daN/m², relaţia (22.11) devine :

$$f_{rez} = 500\sqrt{\frac{s}{m_1}}. \qquad (22.15)$$

Aportul pardoselilor la îmbunătăţirea izolării fonice a ansamblului planşeu-pardoseală este prezentat în tabelul 22.3. Pentru evitarea punţilor acustice, racordarea dalei flotante cu pereţii se realizează prin prevederea unui spaţiu liber sau umplut cu materiale elastice (fig. 22.49).

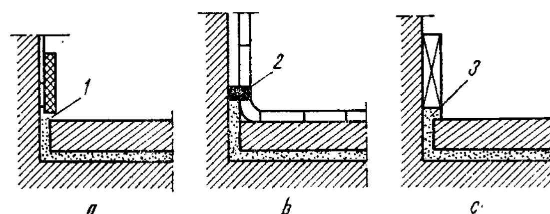


Fig. 22.49. Racordarea dalei flotante cu pereţii :
– cu plintă distanţată faţă de pardoseală ; *b* — cu mastic elastic ; *c* — cu material elastic ; *1* — gol de aer ; *2* — mastic elastic ; *3* — material elastic.

Determinarea gradului de izolare acustică la zgomotul de impact se face şi pe cale experimentală, folosindu-se excitarea sonoră a planşeului cu ciocanul standard internaţional, în condiţiile planşeului cu şi fără pardoseală, determinîndu-se aportul acesteia asupra capacităţii de izolare a ansamblului planşeu-pardoseală.

Capitolul 23

FERESTRE ŞI UŞI. ILUMINATUL NATURAL ŞI ÎNSORIREA

23.1. ILUMINATUL NATURAL ŞI ÎNSORIREA

23.1.1. GENERALITĂŢI

Clădirile şi construcţiile primesc energie radiantă de la soare şi de la bolta cerească sub formă de radiaţie directă şi difuză (fig. 23.1.). Spectrul energiei radiante a soarelui cuprinde radiaţii cu lungimi de undă foarte mici (raze X, γ, cosmice, ultraviolete), radiaţii vizibile cu lungimea de undă cuprinsă între 0,380 şi 0,770 μ şi radiaţii cu lungimi mari de undă (infraroşii, unde radio, hertziene, fig. 23.2). Radiaţia emisă de soare străbate atmosfera şi este parţial absorbită şi difuzată de moleculele de ozon, de oxigen sau de vaporii de apă.

Energia ce însoţeşte radiaţia solară şi ajunge la sol, producînd lumină şi căldură este :

2% radiaţie cu $\lambda < 400$ mμ (ultravioletă) ;
40% radiaţie cu $\lambda = 400...760$ mμ (vizibilă) ;
50% radiaţie cu $\lambda > 760$ mμ (infraroşie).

Radiaţia difuză provine de la bolta cerească, de la nori, de la sol, de la construcţii, de la gazele şi praful din atmosferă.

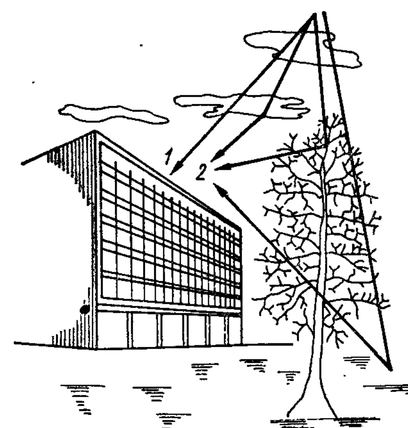


Fig. 23.1. Radiaţia solară :
1 — directă ; *2* — difuză.

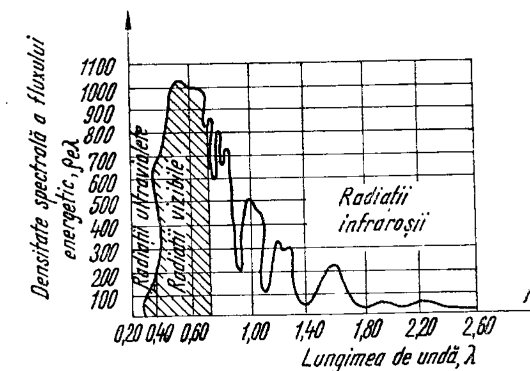


Fig. 23.2. Variaţia energiei transportată de radiaţii în funcţie de lungimea de undă.

23.1.2.1. **Elemente specifice iluminatului natural.** Radiaţiile vizibile constituie o parte din spectrul energiei radiante a soarelui şi au proprietatea de a impresiona simţul văzului. Perceperea luminii exterioare în modul în care se cunoaşte nu ar fi posibilă fără lumină. Asigurarea cantităţii optime de radiaţii vizibile, în funcţie de destinaţia clădirii şi natura activităţii constituie problema fundamentală a iluminatului natural al clădirilor. Iluminarea naturală a clădirilor este în strînsă corelaţie cu : amplasarea, orientarea şi însorirea construcţiilor, sistemele de iluminat natural folosite (ferestre, luminatoare), sistemele de protecţie împotriva excesului de radiaţie solară, natura finisajelor exterioare şi interioare, proprietăţile materialelor de construcţii [44].

23.1.2.2. **Mărimi referitoare la iluminatul natural.** Fluxul radiant reprezintă energia radiată în unitatea de timp, unitatea de măsură fiind erg/s, watt sau kcal/h. Pentru studierea mărimilor caracteristice ale radiaţiei luminoase, este necesar să se cunoască senzaţia luminoasă produsă de energia radiantă. În acest scop s-a introdus noţiunea de *flux luminos*, măsurat în lumeni.

Iluminarea E este densitatea superficială a fluxului luminos Φ, care cade pe o suprafaţă A, avînd valoarea medie :

$$E = \frac{\Phi}{A} \tag{23.1}$$

şi se exprimă în lux (lx) sau lumen/m².

Valorile iluminării exterioare E_e, pentru diverse surse de lumină sînt :

— iluminarea pe plan orizontal, produsă de soare, vara la prînz : 100 000 lx ;

— iluminarea naturală pe lună plină : 0,2 lx ;

— iluminarea dată de o lumînare pe un ecran normal pe direcţia razelor, situat la distanţa de 1 m : 1 lx.

Luxul, unitatea de măsură a iluminării, reprezintă iluminarea unei suprafeţe care primeşte un flux luminos de 1 lumen, uniform repartizat pe 1 m².

Lumenul defineşte mărimea fluxului luminos pe care-l emană un corp absolut negru la temperatura de solidificare a platinei, de pe o suprafaţă de $5 \times 305 \times 10^{-10}$ m².

Uniformitatea iluminatului natural este raportul dintre valorile minimă şi maximă ale coeficientului de iluminare naturală în limitele zonei de lucru, exprimată astfel :

$$e_{med} = \frac{E_{min}}{E_{max}} 100 \, . \tag{23.2}$$

22.1.2.3. **Caracteristicile luminotehnice ale materialelor de construcţie.** Materialele utilizate la realizarea construcţiilor se caracterizează prin :

— capacitate diferită de reflexie, absorbţie şi refracţie a fluxului luminos ;

— capacitate de a modifica componenta spectrală a luminii atît la trecerea cît şi la reflectarea fluxului luminos ;

— capacitate de a repartiza în încăperi fluxurile luminoase transmise sau reflectate.

În legătură cu aceste proprietăţi se defineşte :

— *coeficientul de reflexie*, ρ, ca raportul dintre mărimea fluxului luminos reflectat, Φ_ρ şi cel incident Φ :

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} ; \tag{23.3}$$

— *coeficientul de absorbţie*, α, ca raportul dintre mărimea fluxului luminos absorbit Φ_α şi cel incident Φ :

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} ; \tag{23.4}$$

Tabelul 23.1

Nr. crt.	Materialul sau suprafaţa	Coeficient de reflexie, ρ
1	Zugrăveală albă(nouă)	0,80
2	Zugrăveală albă(veche)	0,75
3	Zugrăveală cenuşie	0,25
4	Zugrăveală crem	0,70
5	Zugrăveală verde deschis	0,57
6	Zugrăveală verde închis	0,20
7	Zugrăveală albastră deschis	0,45
8	Zugrăveală roz	0,42
9	Zugrăveală roşie	0,16
10	Zugrăveală brună	0,16
11	Vopsitorie lac alb, lucios	0,72...0,80
12	Vopsitorie lac de aluminiu	0,54
13	Plăci marmură albă, cu luciu	0,30...0,80
14	Plăci de marmură mată	0,50...0,70
15	Sticlă de geam transparent	0,10
16	Sticlă de geam mătuită cu nisip	0,11...0,18
17	Sticlă opacă	0,15...0,28
18	Sticlă stratificată pentru difuzie	0,30...0,60
19	Plăci de oţel	0,28
20	Hîrtie de desen albă	0,80...0,85
21	Hîrtie galbenă, verde sau albastru deschis	0,60...0,70
22	Hîrtie de culoare albastru mediu	0,35...0,45
23	Hîrtie albastru închis	0,05...0,10
24	Hîrtie cenuşiu închis	0,01...0,05
25	Hîrtie neagră	0,03
26	Ecran de pînză albă	0,70...0,80
27	Tencuială de ipsos	0,40...0,45
28	Tencuială obişnuită	0,25
29	Ţiglă nouă	0,25...0,35
30	Ţiglă veche	0,05...0,10
31	Lemn de arţar	0,40...0,50
32	Lemn de stejar	0,30...0,50
33	Lemn de nuc	0,10...0,20
34	Lemn băiţuit	0,10...0,30
35	Granit	0,44
36	Nisip obişnuit	0,24
37	Pămînt obişnuit	0,08...0,20
38	Pomi înverziţi	0,03...0,05
39	Suprafeţe verzi în natură	0,05...0,10
40	Strat de nori	0,80
41	Zăpadă curată	0,80
42	Ştofă neagră	0,001...0,002
43	Catifea neagră	0,002...0,008
44	Îmbrăcăminte de culoare deschisă	0,17

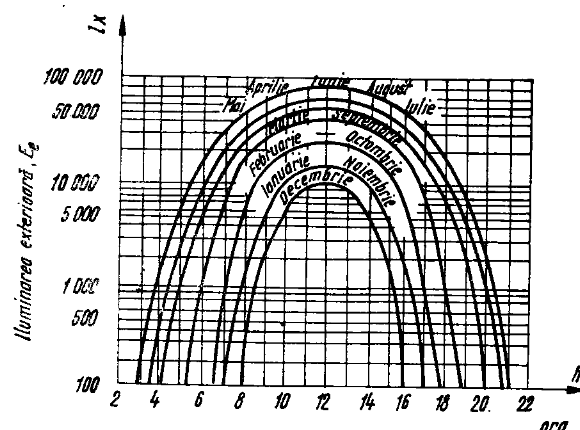


Fig. 23.3. Variaţia iluminării naturale în funcţie de anotimp, lună şi oră.

— *coeficientul de transmisie*, τ, ca raportul dintre mărimea fluxului luminos care trece printr-un corp Φ_τ şi cel care cade pe el Φ :

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi}. \qquad (23.5)$$

Conform legii conservării energiei :

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau . \qquad (23.6)$$

Împărţind această relaţie cu Φ rezultă :

— pentru materiale transparente $\rho + \alpha + \tau = 1$; (23.7)
— pentru materiale netransparente $\rho + \alpha = 1$; (23.8)
— pentru un corp absolut negru $\alpha = 1$. (23.9)

În tabelul 23.1 sînt prezentate valorile coeficientului de reflexie ρ, conform STAS 6 221-67, pentru diverse materiale de construcţie sau suprafeţe.

23.1.2.4. **Factorii care contribuie la realizarea iluminatului natural.**

23.1.2.4.1. *Iluminarea exterioară.* Iluminarea naturală variază în funcţie de anotimp şi de ora din zi (fig. 23.3). Iluminarea exterioară este maximă în lunile aprilie, iunie şi august şi minimă în luna decembrie. La calculul iluminării s-a convenit să se considere iluminarea exterioară minimă de 3 000 lx, corespunzătoare condiţiilor medii de iarnă.

23.1.2.4.2. *Orientarea ferestrelor sau luminatoarelor în raport cu punctele cardinale.* Iluminarea naturală a clădirilor şi construcţiilor se asigură prin ferestre şi luminatoare amplasate în pereţi şi acoperişuri şi depinde de anotimp, ora din zi, orientarea faţă de punctele cardinale, mărimea şi caracteristicile constructive ale ferestrelor.

Orientarea ferestrelor şi luminatoarelor spre nord asigură iluminarea uniformă. La orientarea dublă, ferestrele dispuse spre nord asigură o lumină uniformă şi difuză, iar cele dinspre sud vor permite pătrunderea unui număr limitat de raze solare, care nu pătrund adînc în interiorul clădirii (cum este cazul razelor oblice de la răsărit şi apus) deoarece razele de la sud cad aproape vertical (fig. 23.4).

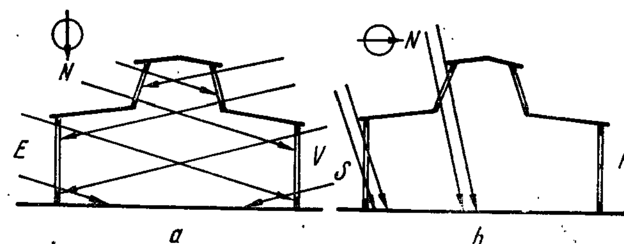


Fig. 23.4. Pătrunderea razelor solare în clădiri :

a — la orientarea ferestrelor spre est şi vest ; *b* — la orientarea ferestrelor spre nord şi sud.

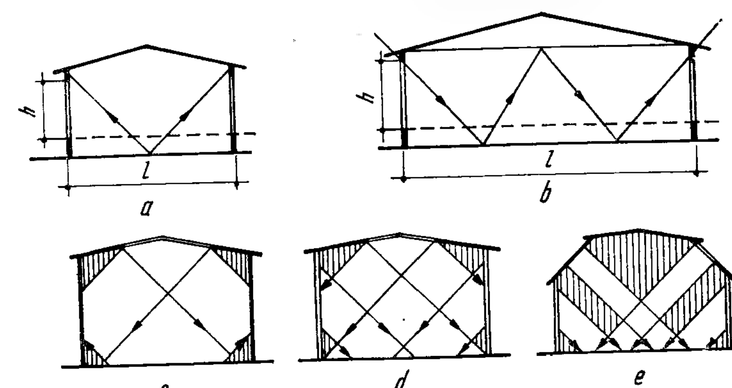


Fig. 23.5. Posibilităţi de iluminare a clădirilor :

a — iluminare laterală cu ferestre pe o singură latură ; *b* — iluminare laterală cu ferestre pe ambele laturi ; *c* — iluminare de sus ; *d* ; *e* — iluminare mixtă.

23.1.2.4.3. *Modul de iluminare.* Realizarea iluminatului natural se face lateral, prin ferestre sau pe la partea superioară, prin luminatoare. Iluminatul lateral se poate realiza cu ferestre pe o singură latură (fig. 23.5, *a*) sau cu ferestre dispuse pe ambele laturi (fig. 23.5, *b*).

La iluminarea pe o singură latură, lăţimea maximă a clădirilor poate fi $l = (2h + 2)$ m, în care h este înălţimea ferestrei. La iluminarea prin ferestre dispuse pe ambele laturi, relaţia dintre lăţimea clădirii şi înălţimea ferestrei este $l = (4h + 2)$ m.

Iluminatul prin luminatoare (fig. 23.5, *c*) se adoptă în cazul proceselor de producţie ce necesită iluminare uniformă. În figurile 23.5, *d* şi 23.5, *e* sînt prezentate două moduri de realizare a iluminatului combinat, lateral şi de sus.

23.1.2.4.4. *Poziţia planului de lucru faţă de ferestre.* Iluminarea laterală, prin ferestre, prezintă dezavantajul că este neuniformă. Lîngă ferestre, lumina are o intensitate mare ce scade cu distanţa faţă de fereastră (fig. 23.6). Iluminarea punctelor situate pe o dreaptă paralelă cu ferestrele este maximă în dreptul ferestrelor şi minimă în dreptul plinurilor (stîlpi, pilaştri) dintre ferestre (fig. 23.7).

23.1.2.4.5. *Poziţia pe verticală a ferestrelor.* Amplasarea ferestrelor aproape de tavan determină o iluminare de intensitate mică dar uniformă şi cu difuzie în adîncime ; dacă ferestrele sînt amplasate mai jos iluminarea locului de muncă

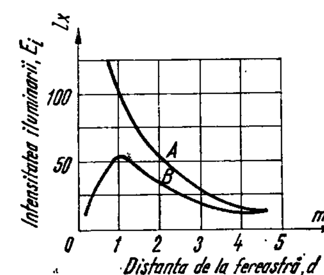


Fig. 23.6. Variaţia iluminării cu distanţa faţă de fereastră :

A — în axa ferestrei ; *B* — în axa spaletului dintre ferestre.

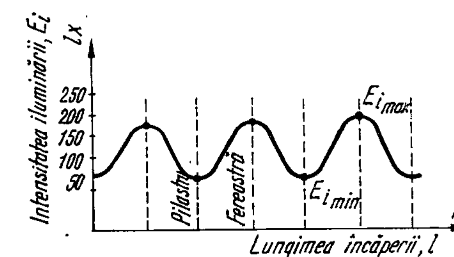


Fig. 23.7. Variaţia iluminării interioare într-un plan paralel cu ferestrele.

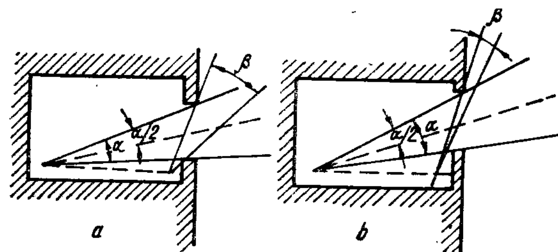


Fig. 23.8. Variaţia unghiului razelor de lumină în funcţie de parapetul ferestrelor:
a – la parapet obişnuit; b – la parapet înalt.

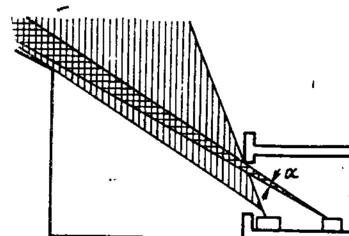


Fig. 23.9. Influenţa unei construcţii învecinate asupra iluminării naturale dintr-o încăpere.

de lîngă ferestre este maximă, iar cea de lîngă peretele opus este minimă; dacă ferestrele sînt plasate sus, se obţine o iluminare bună în adîncime, datorită unghiului mai mare sub care cad razele de lumină (fig. 23.8). Din aceste motive se recomandă ca parapetul ferestrelor să nu coboare sub 0,80 m la clădiri de locuit şi sub 1,20 m la hale industriale.

23.1.2.4.6. *Distanţa dintre clădiri.* În cazul cînd spaţiul exterior rămas liber în dreptul ferestrelor este prea mic, datorită clădirilor învecinate, iluminarea locului de muncă de pe peretele opus ferestrelor este redusă, deoarece razele de lumină cad sub un unghi mic. Pentru aceste motive, se impune ca şi din locurile de muncă din partea opusă ferestrelor, bolta cerească să fie vizibilă sub un unghi α (fig. 23.9), a cărui mărime depinde de înălţimea clădirii opuse, de distanţa dintre clădiri, de înălţimea ferestrei, de adîncimea încăperii etc. (se recomandă α minim 5°).

Cerinţele de iluminare impun ca între două clădiri alăturate să se prevadă o distanţă egală cu semisuma înălţimilor celor două clădiri.

23.1.3. ACŢIUNEA RADIAŢIEI SOLARE ASUPRA FERESTRELOR

În cazul ferestrelor, intervin fenomene de absorbţie, reflexie şi transparenţă a energiei radiante caracterizate prin coeficienţii de reflexie ρ, absorbţie α şi transparenţă τ (fig. 23.10) [46].

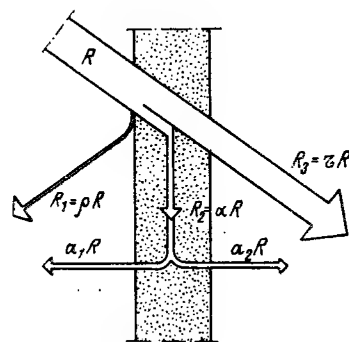


Fig. 23.10. Transmisia căldurii prin ferestre:
R – radiaţia solară; R_1 – energia reflectată; R_2 – energia absorbită; R_3 – energia transmisă prin transparenţă.

Energia radiantă reflectată spre exterior este exprimată prin termenul ρR, energia absorbită de către fereastră se exprimă prin termenul αR, din care $\alpha_1 R$ este radiată spre exterior, iar $\alpha_2 R$ spre interior. Valorile coeficientului α depind de culoarea elementului de construcţie, astfel:

—alb $\alpha=0,2\ldots0,3$;
—galben, portocaliu, roşu clar $\alpha=0,3\ldots0,5$;
—roşu închis, verde clar, albastru clar $\alpha=0,5\ldots0,7$;
—cafeniu, verde închis, albastru $\alpha=0,7\ldots0,9$;
—cafeniu închis, negru $\alpha=0,9\ldots1,0$.

Fluxul termic ce pătrunde in încăpere datorită energiei termice absorbite de fereastră poate fi exprimat prin relaţia:

$$k\left[\left(\theta_e+\frac{\alpha R}{\alpha_e}\right)-\theta_i\right], \text{[W]}. \tag{23.10}$$

O parte din energia radiantă care traversează fereastra τR (în proporţie de 85% în cazul sticlei transparente obişnuite) este reflectată succesiv şi în final absorbită de pereţi şi de obiectele din încăpere şi duce la o majorare a fluxului termic ce pătrunde în interiorul clădirii. Fluxul termic total poate fi exprimat astfel:

$$Q=k\left[\left(\theta_e+\frac{\alpha R}{\alpha_e}\right)-\theta_i\right]+\tau R, \text{[W]}. \tag{23.11}$$

Relaţia (23.11) poate fi pusă sub forma:

$$Q=\left(\frac{\alpha}{\alpha_e}+\tau\right)R+k\left(\theta_e-\theta_i\right), \text{[W]}. \tag{23.12}$$

Factorul $(\alpha/\alpha_e+\tau)$ poartă denumirea de *factorul solar al ferestrei* şi se notează cu S, deci relaţia (22.12) poate fi scrisă sub forma:

$$Q=SR+k\left(\theta_e-\theta_i\right), \text{[W]}. \tag{23.13}$$

Pentru sticla obişnuită, valoarea factorului solar este egală cu 0,86. Valorile factorului solar depind în primul rînd de valoarea coeficientului de transmisie energetică τ, care la rîndul său depinde de natura materialului şi de lungimea de undă a radiaţiei incidente.

Mărimea şi caracteristicile constructive ale ferestrelor au implicaţii de ordin termic care caracterizează pierderile de căldură, în timpul iernii, influenţînd costurile instalaţiilor de încălzire şi aportul de căldură în timpul verii, condiţionînd ventilarea naturală sau mecanică a încăperilor, interesînd în ambele cazuri economia de energie şi combustibil.

23.2. FERESTRE ŞI UŞI

23.2.1. GENERALITĂŢI

Ferestrele şi uşile sînt elemente de construcţie ce trebuie să asigure iluminarea şi ventilarea naturală a încăperilor, accesul în clădire precum şi legătura pe orizontală între diferitele încăperi ale construcţiei. Aceste elemente de construcţie trebuie să satisfacă şi alte cerinţe de funcţionalitate: izolare termică, etanşeitate la apă şi aer, protecţia contra radiaţiei solare, rezistenţă la foc. Prin forma şi dimensiunile lor, prin poziţia în pereţi, prin raportul dintre plinuri şi goluri, prin modul de alcătuire, uşile şi ferestrele constituie şi elemente de plastică exterioară şi decorare interioară a încăperilor [42].

Realizarea uşilor şi ferestrelor caracterizează lucrările de tîmplărie care se execută în ateliere şi fabrici speciale, şantierului revenindu-i, în general, lucrările de montaj şi de finisare definitivă. Tîmplăria pentru construcţii civile se realizează din lemn, metal sau materiale plastice.

23.2.2.1. **Iluminarea naturală.** Dimensionarea ferestrelor, din condiţia de asigurare a iluminatului natural se face prin mai multe metode.

Metoda geometrică permite stabilirea valorilor raportului m, în %, între suprafaţa de fereastră S_f şi suprafaţa pardoselii S_p, ce trebuie să fie, în funcţie de destinaţia încăperilor, între limitele :

— locuinţe. . . . . $m = 14...16\%$;
— birouri . . . . $m = 20\%$;
— şcoli . . . . $m = 25\%$;
— săli de expoziţie. . . . . $m = 35\%$;
— hoteluri, cămine, case de oaspeţi. . . . . $m = 16...18\%$.

Metoda geometrică nu ia în considerare particularităţile de iluminare şi climă ale amplasamentului clădirii, acţiunea de umbrire a elementelor arhitecturale ale clădirii, influenţa clădirilor învecinate şi ale suprafeţelor înverzite, orientarea ferestrelor, reflexia luminii de către suprafeţele interioare ale încăperilor.

Normarea tehnică elimină unele din inconvenientele metodei geometrice şi permite estimarea pe cale grafică sau analitică a iluminării în fiecare punct din încăpere, exprimîndu-se prin raportul dintre iluminarea interioară E_i şi iluminarea exterioară E_e, prin intermediul coeficientului de iluminat natural, e_n. Coeficientul e_n depinde de procentul de cer vizibil din încăpere, definit ca raportul dintre proiecţia pe plan orizontal a suprafeţei de cer vizibilă din punctul respectiv şi suprafaţa totală a bolţii cereşti proiectată pe acelaşi plan :

$$e_n = \frac{E_i}{E_e} 100 = \frac{A_{pr}}{A_{t_{pr}}} 100, \qquad (23.14)$$

unde :

E_i este iluminarea orizontală interioară a unui punct P, în lx ;
E_e — iluminarea exterioară orizontală în acelaşi moment, în lx ;
A_{pr} — suprafaţa de cer văzută din punctul P prin golul de lumină, proiectată pe planul orizontal, în m² ;
$A_{t_{pr}}$ — suprafaţa totală a cerului proiectată pe acelaşi plan, în m².

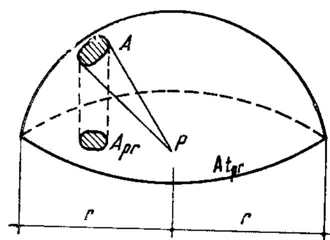


Fig. 23.11. Determinarea coeficientului de iluminat natural.

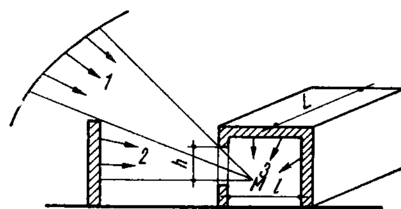


Fig. 23.12. Componentele iluminării unui punct interior M :
1 — rază directă; *2* — rază reflectată exterior; *3* — rază reflectată interior.

Valorile minime admisibile, e_{min}, ale coeficientului de iluminat natural variază între limitele 0,25...2%, pentru încăperi din construcţiile civile.

Pentru o secţiune transversală (fig. 23.11) se poate scrie relaţia ce defineşte coeficientul de iluminat natural, astfel :

$$e_n = \frac{A_{pr}}{A_{t_{pr}}} 100. \qquad (23.15)$$

Iluminarea unui punct interior M, din încăpere, este determinată de :
— componenta directă datorită luminozităţii acelei părţi din bolta cerească direct vizibilă din punctul de referinţă (fig. 23.12) ;
— componenta reflectată exterioară datorită luminozităţii obstacolelor exterioare vizibile din punctul de referinţă ;
— componenta reflectată interioară datorită reflexiei pereţilor şi tavanului încăperii.

Influenţa reflexiei luminii de către suprafeţele interioare ale încăperilor, asupra iluminatului natural interior, se ia în considerare prin coeficientul r, ale cărui valori sînt cuprinse între 2,50 şi 1,50 în funcţie de culoarea pereţilor şi tavanului.

Iluminarea interioară a încăperilor este influenţată de sistemul constructiv al ferestrelor, determinat de cercevele şi geamuri şi de gradul de murdărire a geamurilor. Influenţa acestor factori asupra gradului de iluminat natural este luată în considerare prin *caracteristica de luminozitate a ferestrei*, notată cu η, avînd valorile între 9,4 şi 4,8 în funcţie de adîncimea încăperii L, lăţimea încăperii l şi înălţimea de la nivelul planului de lucru (obişnuit 1 m) pînă la partea superioară a ferestrei, h. Gradul de murdărire a geamurilor este luat în considerare prin factorul general de transmisie a luminii, τ_g prin fereastră avînd valorile cuprinse între 0,20 şi 0,60, în funcţie de modul de dispunere a geamurilor, natura cercevelelor şi gradul de murdărire.

Luînd în considerare influenţa factorilor prezentaţi mai sus, suprafaţa necesară a ferestrelor, rezultă din relaţia (23.16) :

$$m = \frac{S_f}{S_p} 100 = \frac{e_{min}\,\eta}{\tau_g\, r} \qquad (23.16)$$

23.2.2.2. **Rezistenţa termică şi confortul termic.** Comportarea termică a ferestrelor interesează atît în condiţii de iarnă, cînd transferul de căldură trebuie să fie minim, cît şi vara, cînd aportul caloric din exterior în încăperi trebuie să fie minim.

Rezistenţa la transmisia căldurii a ferestrelor depinde de natura materialului din care sînt confecţionate cercevelele, tipul de fereastră (simplă sau dublă), precum şi de caracteristicile termofizice ale geamurilor, avînd valori între 0,22 şi 0,58 m² K/W.

Proprietăţile cunoscute ale straturilor de aer incluse, a căror rezistenţă termică creşte la valoarea $R_a = 0{,}22$ m² K/W pînă la o grosime de 2 cm, apoi rămîne constantă (fig. 23.13), a condus la construcţia geamurilor cu proprietăţi termoizolante. Astfel, geamurile termopan cu unul sau două straturi de aer, pot avea următoarele rezistenţe termice : $R_0 = 0{,}44$ m² K/W, pentru un strat de aer şi $R_0 = 0{,}68$ m² K/W, pentru două straturi de aer.

Folosirea geamurilor duble la un rînd sau la două rînduri de cercevele poate conduce la o reducere a pierderilor de căldură între 25 şi 53%.

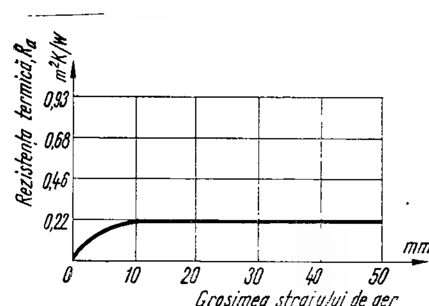


Fig. 23.13. Variația rezistenței termice a stratului inclus de aer în funcție de grosime.

O reducere a pierderilor de căldură prin ferestre se poate obține utilizînd proprietățile sticlei de a fi permeabilă nu numai la radiația vizibilă ci și la radiațiile infraroșii și ultraviolete.

Protecția unei construcții împotriva aportului de căldură estivală, se poate realiza prin următoarele mijloace :

— alegerea judicioasă a orientării fațadelor vitrate ;

— înclinarea ferestrelor, procedeu folosit la turnurile aeroporturilor, razele solare căzînd razant asupra peretelui ;

— folosirea storurilor, care dispuse spre exterior pot reduce cu 85% efectele însoririi, pe cînd dacă sînt dispuse spre interior și nu sînt asociate cu o ventilație forțată, efectul însoririi se reduce numai cu 30...40% ;

— folosirea unor brise-soleil-uri (fig. 23.14), la orientare nord-vest și sud-est, care cuprind diverse elemente de construcție cu scop de protecție solară în timpul verii a părților vitrate ale construcției, iar iarna sînt intens însorite (logii-balcon, ferestre retrase, cornișe etc.).

23.2.2.3. **Izolarea acustică.** Transmisia zgomotelor prin uși și ferestre prezintă importanță deosebită deoarece aceste elemente de construcție preiau direct acțiunea zgomotului stradal, a celui din casele de scări precum și a zgomotului din locuința însăși.

Indicele de atenuare acustică a peretelui combinat cu fereastră sau ușă se calculează cu expresia :

$$R_t = R_1 - 10 \lg \frac{\frac{S_1}{S_2} + 10^{\frac{R_1 - R_2}{10}}}{1 + \frac{S_1}{S_2}} \qquad (23.17)$$

unde : R_t este indicele total de atenuare acustică a peretelui cu tîmplărie, în dB ;
R_1 — indicele de atenuare acustică a peretelui fără tîmplărie, în dB ;
R_2 — indicele de atenuare a ferestrei sau ușii, în dB ;
S_1 — suprafața peretelui fără tîmplărie, în m^2 ;
S_2 — suprafața ferestrelor sau ușilor, în m^2.

Dacă se notează cu R valoarea cu care se micșorează coeficientul de atenuare acustică a peretelui, datorită tîmplăriei, se obține relația :

$$R_t = R_1 - R. \qquad (23.18)$$

Pentru cazurile practice este suficientă relația aproximativă :

$$R_t = R_2 + 10 \lg \frac{S_1}{S_2} \qquad (23.19)$$

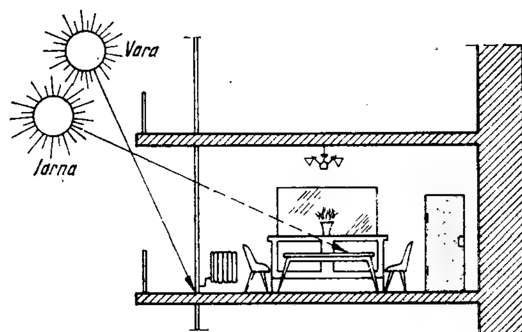


Fig. 23.14. Protecție contra însoririi prin brise-soleil.

Această relație arată că coeficientul de atenuare acustică a tîmplăriei R_2 și raportul suprafețelor S_1/S_2 caracterizează rezistența acustică totală R_t.

În cazul închiderii etanșe a ferestrelor, gradul lor de izolare fonică poate prezenta următoarele valori :

— ferestre cu geamuri simple . . . . 15...20 dB ;
— ferestre cu geamuri duble. . . . . 25...30 dB ;
— ferestre cu geamuri duble groase . . . . 40 dB.

Avînd în vedere gradul redus de atenuare a ferestrelor la zgomotul aerian, este necesară îmbunătățirea capacităților de izolare, eliminarea punților acustice, creșterea etanșeității la aer.

În ceea ce privește transmisia zgomotului exterior prin pereții cu ferestre și uși, trebuie luată în considerare și acțiunea zgomotului prin vibrații sau impact. Zgomotele cauzate de autovehiculele grele se transmit prin îmbrăcămintea străzilor, în primul rînd fundațiilor și apoi elevației clădirii (fig. 23.15), care joacă rolul unei surse de emisie secundară.

Pentru a asigura o bună izolare acustică a ferestrelor, se pot lua următoarele măsuri constructive :

— greutatea pe unitatea de suprafață să fie pe cît posibil ridicată, ceea ce conduce la utilizarea sticlei groase sau a geamurilor duble la fiecare cercevea ;

— ansamblul geam-tîmplărie trebuie să fie pe cît posibil omogen, întrucît prezența tîmplăriei foarte ușoară determină apariția punților acustice ;

— cutia de rulou să nu prezinte zone slabe în izolarea acustică.

Creșterea indicelui de reducție sonoră se obține dacă cutia de rulou se realizează tapisată la interior cu material fonoabsorbant (vată minerală, polistiren celular, vată de sticlă fig. 23.16).

Trebuie remarcat faptul că folosirea unor ferestre cu un grad mare de izolare acustică este inutilă dacă indicele de izolare acustică al peretelui opac nu este cel puțin egal cu cel al tîmplăriei ; aceasta este valabil mai ales în cazul pereților cortină, la care din cauza greutății reduse a acestora, problema izolării acustice se pune în mod deosebit.

23.2.2.4. **Rezistența mecanică.** 23.2.2.4.1. *Încercarea la încărcări statice.* Încercarea are drept scop aprecierea capacității ferestrei de a prelua încărcări statice. Pentru aceasta montanții și traversele părților mobile sînt supuse la o presiune ce variază între zero și 1 500 N/m^2. Săgeata montanților și a traverselor nu trebuie să depășească 1/200 din deschidere la o presiune de 500 N/m^2.

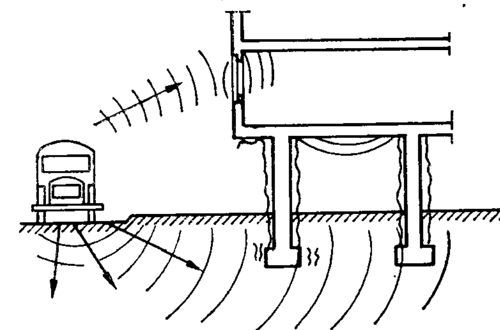


Fig. 23.15. Transmisia zgomotului de impact exterior la clădiri.

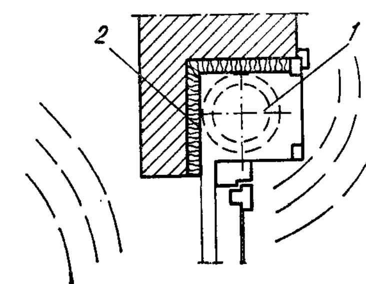


Fig. 23.16. Cutie de rulou tratată fonoabsorbant :
1 — cutie rulou ; 2 — vată minerală.

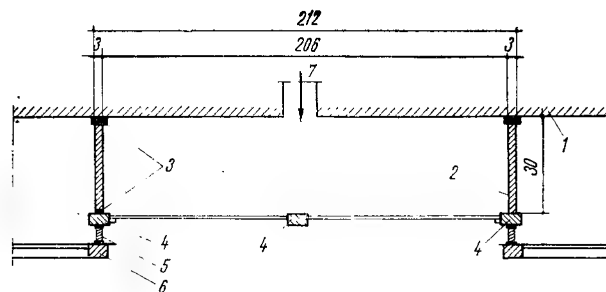


Fig. 23.17. Instalație de determinarea permeabilității la aer a tîmplăriei :

1 — peretele fix al instalației ; *2* — cadru de montaj ; *3* — garnituri elastice de etanșare ; *4* — fereastra de încercat ; *5* — șuruburi de distanțare ; *6* — perete mobil ; *7* — canal de acces al aerului.

23.2.2.4.2. *Încercarea de rezistență la vînt.* Pentru această încercare, fereastra este supusă la 10 rafale succesive corespunzătoare unor presiuni ce variază de la 100 la 1 000 N/m² și nu trebuie să prezinte deformații permanente sau defecțiuni de funcționare, iar permeabilitatea la aer să nu se modifice cu mai mult de 10%.

23.2.2.5. **Etanșeitatea la apă și aer.** 23.2.2.5.1. *Încercarea de etanșeitate la apă.* Scopul încercării este de a determina sub ce presiune se produce o infiltrație de apă susceptibilă de a provoca deteriorări în interiorul construcției. Încercarea se efectuează cu un debit de apă de 0,75 l/min.m² marcîndu-se presiunea la care începe infiltrația. Ferestrele trebuie să rămînă etanșe la o presiune mai mică de 40 N/m².

23.2.2.5.2. *Încercarea la permeabilitate la aer.* Scopul acestei încercări este de a determina debitul de aer care trece prin fereastră sub presiuni de la 100 la 1 000 N/m². Se consideră utilizabile în construcții, ferestrele prin care nu trece mai mult de 50 m³ aer/h pe m² de deschidere la o presiune de 100 N/m². În figura 23.17 se prezintă schema instalației de determinare a permeabilității la aer a tîmplăriei.

23.2.2.6. *Încercări de deformație și anduranță.* Aceste încercări variază în funcție de tipul de fereastră și au drept scop să verifice rezistența mecanică a părții mobile la solicitări normale de întrebuințare (eforturi de manipulare, limitarea deschiderii, eficacitatea dispozitivelor de siguranță). Încercările de anduranță se referă la comportarea în funcțiune a părților mobile ale ferestrei la un număr de 7000 cicluri deschidere-închidere ; corespund cerinței de anduranță acele ferestre pentru care nu a fost constatată nici o deformație care ar împiedica funcționarea lor normală.

23.2.2.7. *Rezistența la foc.* Limita de rezistență la foc a unui element de construcție este durata de timp în care elementul supus acțiunii focului și temperaturilor înalte își păstrează capacitatea portantă.

Pentru determinarea limitei de rezistență la foc a elementelor de construcție (pereți, planșee, ferestre, uși) se mai iau în considerare și alte fenomene, la apariția cărora, se consideră că acestea nu se mai pot opune propagării incendiului și anume :

— apariția unor crăpături pe toată grosimea elementului, care permit trecerea gazelor calde sau a flăcărilor ;

— apariția unor temperaturi mai mari de 150°C pe partea elementului opusă acțiunii focului.

Determinarea limitei de rezistență la foc se face prin încercări la temperaturi care variază conform curbei temperatură-timp indicată în N.P.C.I.—1974. Limita de rezistență la foc pentru ferestre rezistente la foc, în funcție de natura materialului de construcție, este cuprinsă între 0,25 și 1,20 h.

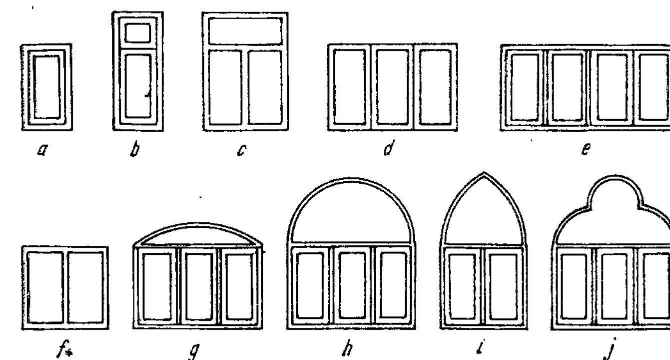


Fig. 23.18. Forme de ferestre :

a — dreptunghiulară într-un canat, cu latura mare verticală ; *b* — dreptunghiulară, într-un canat, cu supralumină ; *c* — dreptunghiulară, în două canaturi cu supralumină, cu latura mare verticală ; *d* — dreptunghiulară, în trei canaturi, cu latura mare orizontală ; *e* — dreptunghiulară, în patru canaturi, cu latura mare orizontală ; *f* — pătrată, în două canaturi ; *g* ; *h* — dreptunghiulare, cu partea superioară curbă ; *i* — dreptunghiulară, cu partea superioară ogivală ; *j* — dreptunghiulară cu partea superioară în formă de trifoi.

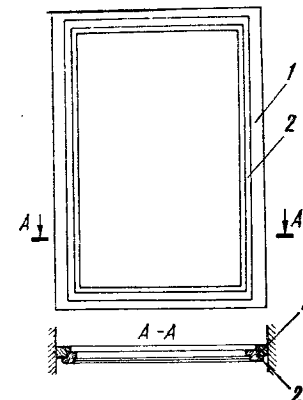


Fig. 23.19. Părțile componente ale unei ferestre :

1 — toc ; *2* — cercevea.

23.2.3. CLASIFICAREA FERESTRELOR

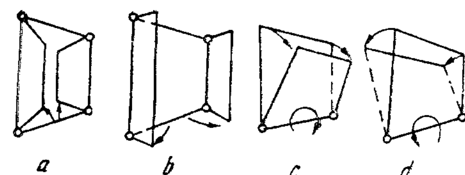
Ferestrele se pot clasifica din mai multe puncte de vedere :

— *după natura materialului din care sînt realizate*, ferestrele pot fi : din lemn (brad sau stejar), metalice (oțel sau aluminiu), din beton armat, din mase plastice ;

— *după forma lor* (fig. 23.18), ferestrele pot fi : dreptunghiulare cu latura mare verticală sau orizontală (fig. 23.18, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*), ferestre pătrate care sînt inestetice avînd forma nedecisă (fig. 23.18, *f*), ferestre dreptunghiulare cu partea superioară curbă (fig. 23.18, *g*, *h*), ferestre dreptunghiulare cu partea superioară ogivală (fig. 23.18, *i*), ferestre cu partea superioară în formă de trifoi (fig. 23.18, *j*). Ferestrele curent întîlnite în construcții pot fi cu unul, două, trei sau patru canaturi, cu sau fără supralumină (v. fig. 23.18). Ferestrele sînt alcătuite dintr-o parte fixă, *toc* și o parte mobilă, *cercevea* (fig. 23.19). Dimensiu-

Tabelul 23.2

Ferestre : Lățimile golului și ale tocului, L și l							
L, cm			90	120	150	180	210
l, mm			884	1184	1484	1784	2084
Nr. cercevele			1 sau 2	1 sau 2	2 sau 3	2 sau 3	2...4
Ferestre : înălțimile golului, H și ale tocului, h	60	580					
	90	880					
	120	1180					
	150	1480					
	H, cm	h, mm					



e f g h i

Fig. 23.20. Tipuri de ferestre:
a — ferestre oscilante spre interior; *b* — ferestre oscilante spre exterior; *c* — ferestre oscilante spre interior față de un ax orizontal; *d* — ferestre oscilante spre exterior față de un ax orizontal; *e* — ferestre oscilante față de un ax vertical; *f* — ferestre oscilante față de un ax orizontal median; *g* — ferestre ghilotină; *h* — ferestre glisante; *i* — ferestre pliante.

nile cercevelelor se stabilesc din condiția de indeformabilitate a ansamblului toc-cercevea. În tabelul 23.2 se indică dimensiunile exterioare ale tocurilor ferestrelor și corelația lor cu dimensiunile golurilor. Ferestrele pot fi simple, ce prezintă pierderi mari de căldură și cu cercevele duble, întîlnite curent în practică;

— *după modul de deschidere*, ferestrele duble, în două canaturi, pot fi cu deschidere interioară, exterioară sau cu deschidere obișnuită, interioară pentru cercevele interioare și exterioară pentru cele exterioare. Cînd ambele cercevele cu deschidere interioară sau exterioară se acționează comun, ferestrele se numesc *cuplate*.

Deschiderea ferestrelor se poate realiza în mai multe moduri (fig. 23.20): prin oscilația cercevelelor în jurul unui ax vertical, prin translație orizontală, prin translație verticală, prin oscilație față de un ax orizontal median sau dispus la o extremitate, prin oscilație față de un ax vertical median și prin basculare (cînd oscilația este limitată).

23.2.4. MATERIALE FOLOSITE LA REALIZAREA TÎMPLĂRIEI

Lemnul cu umiditate 8...20% este materialul curent utilizat pentru confecționarea tîmplăriei. Se folosește în mod obișnuit lemn de rășinoase și mai rar lemn de stejar cînd se urmărește obținerea unor rezistențe mai mari la acțiuni climatice sau mecanice, a unei tîmplării decorative etc.

Furnirul de grosime 0,2...6 mm, obținut prin tăiere cu mașini speciale a buștenilor de lemn selecționat, se folosește pentru îmbrăcarea lemnului de esență slabă.

Placajul este materialul realizat din foi de furnir suprapuse și încleiate, avînd orientarea fibrelor diferită de la un strat la celălalt.

Panelul este materialul sub formă de plăci din lemn, alcătuit din miez din șipci de rășinoase sau foioase moi, acoperite cu furnir pe ambele fețe.

Cleiurile de tîmplărie depind de condițiile de umiditate ale elementului și mediului și se pot utiliza sub formă de clei rece pe bază de cazeină și clei pe bază de rășini sintetice.

Feroneria pentru tîmplărie cuprinde piesele fixate pe uși și ferestre (balamale, drukăre, șilduri, broaște, cremoane, mînere, cîrlige de vînt etc.) și asigură exploatarea acestora și fixarea în poziție închisă sau deschisă.

Tîmplăria metalică se poate confecționa din oțel laminat sub formă de profiluri metalizate cu zinc, tole din tablă din care se obțin anumite profiluri prin ambutisare, oțel inoxidabil și aliaje de aluminiu.

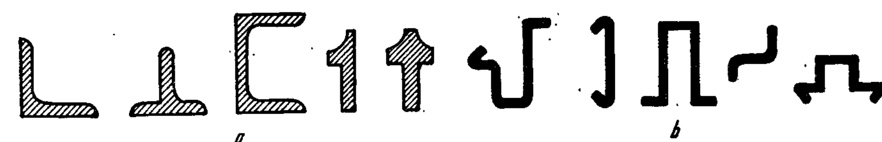


Fig. 23.21. Profiluri metalice folosite pentru realizarea ferestrelor:
a — laminate la cald; *b* — din tablă îndoită la rece.

Profilurile utilizate la realizarea tîmplăriei metalice pot fi laminate la cald de formă obișnuită (cornier, U, T) sau de forme speciale (fig. 23.21, *a*) sau profiluri din tablă îndoită la rece (fig. 23.21, *b*).

Protecția tîmplăriei metalice și de lemn se realizează prin vopsire, după ce în prealabil suprafețele au fost pregătite prin curățare de impurități, chituire, protecție cu miniu de plumb (a tîmplăriei metalice) etc. Tîmplăria din aliaje de aluminiu se protejează prin anodizare sau lăcuire care constă în aplicarea în ateliere cel puțin a unui strat de vopsea de grosime minimum 30 microni.

Pentru a asigura iluminatul natural al încăperilor, ferestrele și parțial ușile se prevăd cu geamuri care pot fi:

— *geamuri clare* de grosime 1,8...8 mm; la ferestre și uși de dimensiuni obișnuite se utilizează geamuri de 2 și 3 mm; geamurile de 4, 5, 6, 7 și 8 mm se utilizează la vitrine sau în scop decorativ avînd marginea șlefuită, la uși interioare etc.;

— *geamuri riglate*, turnate, care au pe una din fețe striuri paralele, livrate în grosime 5,5 mm, lățimi de 50...100 cm și lungimi de 100...300 cm;

— *geamuri mate*, obținute din geamuri clare de 2...3 mm grosime, avînd o față lucie și una lăptoasă, obținută în urma acțiunii unui acid; permit să treacă lumina în proporție de 50...60%;

— *geamuri jivrate*, obținute din geamuri clare de 4...6 mm grosime, avînd pe una din fețe desene care imită florile de gheață;

— *geamuri gravate*, cu diverse desene, în culori diferite și care permit trecerea luminii în proporție de 60...80%;

— *geamuri cristal*, trase sau turnate, din pastă alcătuită cu săruri de plumb care prezintă reflexe albe în spărtură; se folosesc la fabricarea oglinzilor;

— *vitrouri*, geamuri de ornament, cu figuri și desene variate;

— *geamuri termopan*, cu calități termoizolante, alcătuite din două foi de sticlă cu strat de aer între ele;

— *geamuri colorate, termoabsorbante*, de culoare verde sau albastru, care absorb energia calorică solară în procent de 30% dar micșorează energia luminoasă cu 35%.

Chitul este materialul realizat dintr-un amestec de cretă și ulei care prin uscare se întărește folosit pentru fixarea geamurilor; la șprosuri metalice se folosește chit pe bază de miniu de plumb. Uneori, la tîmplăria din lemn pentru fixarea geamurilor se folosesc șipci din lemn (*ștaburi*).

23.2.5. ALCĂTUIREA FERESTRELOR

23.2.5.1. **Ferestre din lemn**. Cercevelele ferestrelor se realizează în mod obișnuit din lemn de brad, iar tocul din stejar, material cu sensibilitate mai redusă la variațiile de umiditate. Se folosesc dulapi de 3,8...6,8 cm, grosime și lățime

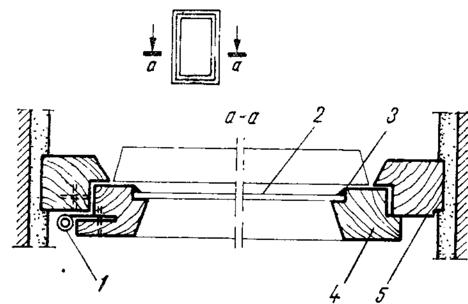


Fig. 23.22. Fereastră simplă, într-un canat, cu deschidere obişnuită ;
1 – balama ; 2 – geam ; 3 – chit ; 4 – cercevea ; 5 – toc.

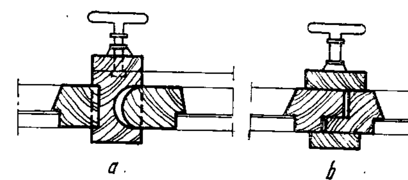


Fig. 23.23. Îmbinarea cercevelelor în partea centrală, la ferestre în două canate :
a – cu gură de lup ; b – cu falţ dublu şi şipcă de acoperire.

variabilă 10 ; 12 ; 15 ; 18 cm. Fixarea tocului se realizează cu cuie în ghermele introduse în pereţi şi montate cu mortar de ipsos sau ciment. În rostul de 1...2 cm dintre toc şi zidărie se introduce un strat de carton bitumat, vată minerală sau hîrtie şi se acoperă cu mortar. Îmbinarea tocurilor la colţuri se realizează în cep sau coadă de rîndunică. Tocul este prevăzut cu falţ în care se îmbină cercevelele ce alcătuiesc elementele mobile ale ferestrelor (fig. 23.22) [72]. Cercevelele sînt profilate cu falţ exterior care se îmbină cu tocul şi cu falţ interior în care se fixează geamul. La ferestre simple, într-un canat, cercevelele se dispun spre interior pentru a evita degradarea lor sub acţiunea intemperiilor. Îmbinarea cercevelelor în partea centrală se realizează cu gură de lup sau cu falţ dublu şi şipcă de acoperire (fig. 23.23).

Pentru creşterea gradului de atenuare acustică a ferestrelor, se pot folosi garnituri de etanşare între cercevele, între foi şi toc (fig. 23.24), realizate din materiale plastice sau pe bază de cauciuc, micşorîndu-se pe această cale acţiunea negativă a punţilor acustice.

La lăţimi mari, ferestrele se prevăd cu două, trei sau patru canaturi (fig. 23.25), iar în cazul înălţimilor mari, ferestrele se realizează cu supralumină (fig. 23.26).

La interior, deasupra părţii superioare a parapetului zidăriei se prevede glaf de lemn, piatră naturală, mozaic sau marmură, iar la exterior solbancul se acoperă cu tablă pentru protecţia contra infiltraţiei apei.

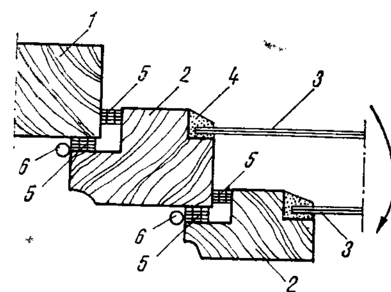


Fig. 23.24. Etanşarea ferestrelor cu garnituri elastice la toc şi cercevele :
1 – toc ; 2 – cercevea ; 3 – geam ; 4 – chit ; 5 – garnitură elastică pentru etanşare ; 6 – balama.

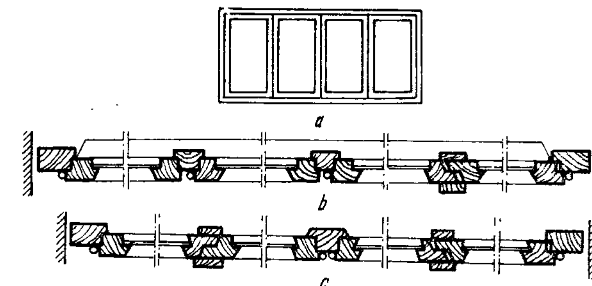


Fig. 23.25. Fereastră simplă în patru canaturi :
a – vedere ; b – secţiune orizontală printr-o fereastră cu doi stîlpi intermediari ; c – secţiune orizontală printr-o fereastră cu un stîlp intermediar.

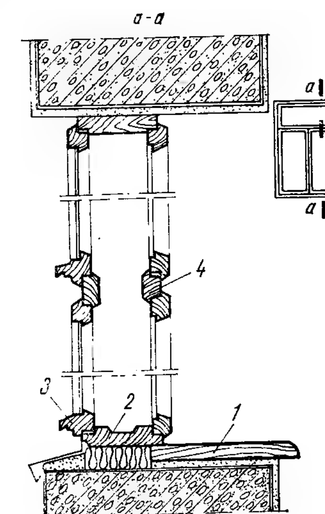
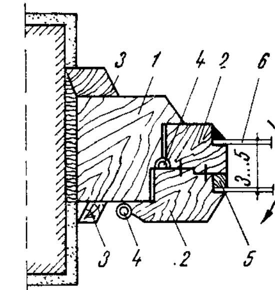


Fig. 23.26. Fereastră dublă cu deschidere obişnuită şi cu supralumină :
1 – glaf ; 2 – toc ; 3 – cercevea ; 4 – chempfer.

Fig. 23.27. Fereastră cuplată :
1 – toc ; 2 – cercevea cuplată ; 3 – şipcă de etanşare ; 4 – balama ; 5 – şipcă de prindere a geamului ; 6 – geam.



Pentru manevrarea uşoară a cercevelelor ce se deschid într-o singură parte, se pot folosi ferestre cu cercevele cuplate (fig. 23.27) care au distanţa între geamuri 3...5 cm, ceea ce contribuie la mărirea capacităţii de izolare termică.

Pentru a se asigura oscilaţia ferestrelor, se folosesc balamale aplicate (fig. 23.28) de mărimile 6 ; 7 ; 8 cu două sensuri de funcţionare (stînga, dreapta). La ferestre de dimensiuni mari se utilizează balamale îngropate (pomele) de mărimi 8 sau 11 (fig. 23.29), montate pe toc cu şuruburi. Pentru fixarea ferestrelor în poziţie închisă se folosesc broscuţe cu mîner şi cremoane, iar pentru poziţie deschisă, cîrlige de vînt.

Pentru protecţia ferestrelor împotriva intemperiilor şi a radiaţiei solare excesive, se utilizează obloane care pot fi :

– *cu deschidere obişnuită pivotantă*, executate în tăblii cu jaluzele fixe sau mobile (fig. 23.30) ;

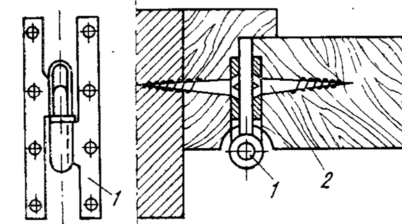


Fig. 23.28. Montarea balamalelor aplicate ;
1 – balama aplicată ; 2 – şurub pentru lemn.

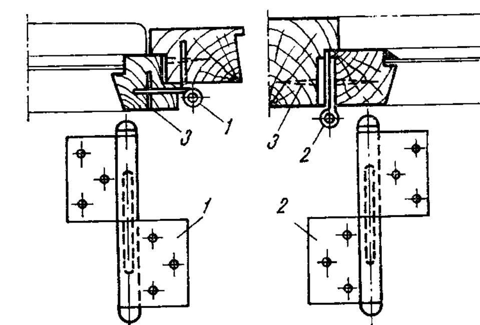


Fig. 23.29. Montarea balamalelor îngropate :
1 – balama îngropată stînga ; 2 – balama îngropată dreapta ; 3 – cui de fixare.

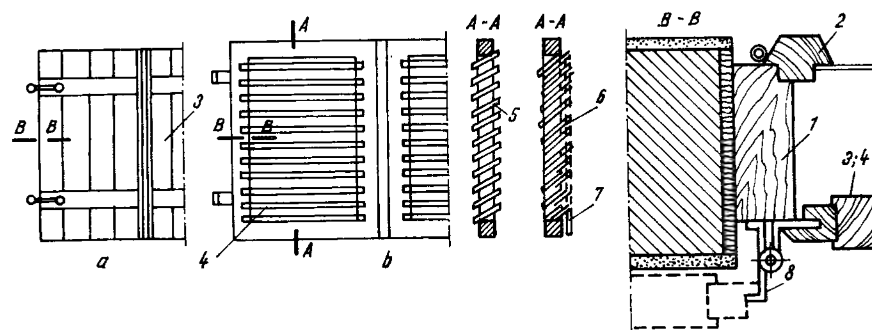


Fig. 23.30. Obloane pentru ferestre simple cu deschidere interioară :

a — oblon plin ; *b* — oblon cu jaluzele fixe sau mobile ; *1* — toc ; *2* — cercevea ; *3* — oblon plin ; *4* — oblon cu jaluzele ; *5* — jaluzele fixe ; *6* — jaluzele mobile ; *7* — tijă de manipulare a jaluzelelor mobile ; *8* — balama îngenuncheată.

— *alunecătoare în sens vertical*, numite și *obloane rulante* sau *rulouri*, aplicate la ferestre cu deschidere interioară. Înfășurarea oblonului rulant se face în jurul unui fus fixat pe două lagăre în cutia ruloului (fig. 23.31), protejată la exterior de un nas de beton armat de 4...6 cm grosime și la interior de un capac de lemn mobil. Manevrarea ruloului se face cu o chingă de cînepă, care se învîrtește pe un scripete fixat la capătul ruloului, iar la celălalt capăt se înfășoară pe o roată cu arc, care o ține totdeauna întinsă.

23.2.5.2. **Ferestre metalice.** Sînt utilizate, în special, la clădiri cu profil comercial, industrial și la construcții social-culturale de interes deosebit sub formă de vitrine. Ele prezintă multiple avantaje față de ferestrele din lemn, deoarece asigură rezistența mecanică necesară deschiderilor mari, sînt rezistente la variații de temperatură, la umidități ridicate, la acțiunea trepidațiilor, nu se degradează la transport și montaj și prezintă un aspect estetic superior.

Ferestrele metalice simple sau duble se pot realiza din profiluri obișnuite îmbinate prin nituire, sudare electrică sau autogenă (fig. 23.32 și 23.33) sau

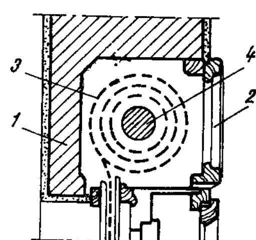


Fig. 23.31. Cutie de rulou la o fereastră dublă cu deschidere interioară ;

1 — nas de beton ; *2* — capac mobil din lemn ; *3* — rulou cu jaluzele ; *4* — tambur.

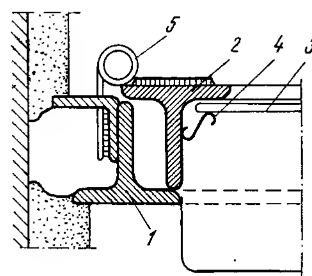


Fig. 23.32. Fereastră simplă din profiluri laminate obișnuite :

1 — toc ; *2* — cercevea ; *3* — geam ; *4* — agrafă de prindere a geamurilor ; *5* — balama.

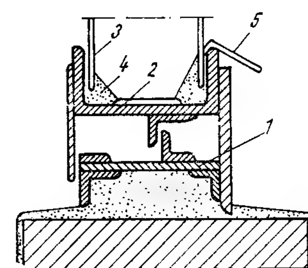


Fig. 23.33. Fereastră dublă din profiluri laminate obișnuite :

1 — toc ; *2* — cercevea ; *3* — geam ; *4* — chit ; *5* — lăcrimar.

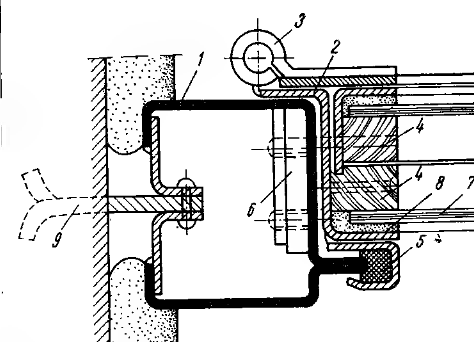


Fig. 23.34. Fereastră dublă din profiluri din tablă îndoită la rece :

1 — toc ; *2* — cercevea ; *3* — balama ; *4* — șipci din lemn prinse în șuruburi ; *5* — cauciuc moale ; *6* — adaosuri din tablă în dreptul balamalelor ; *7* — geam ; *8* — chit preparat cu miniu de plumb ; *9* — prazn pentru fixare în perete.

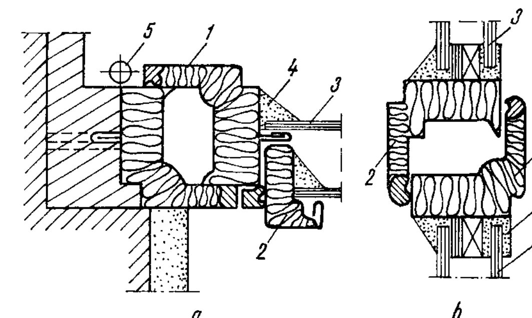


Fig. 23.35. Fereastră din tablă ambutisată, izolată termic :

a — detaliu toc ; *b* — detaliu cercevea ; *1* — toc ; *2* — cercevea ; *3* — geam ; *4* — chit ; *5* — balama.

din profiluri speciale *TN* din tablă îndoită la rece (fig. 23.34). Din motive de izolare termică, se execută și ferestre din tablă ambutisată, avînd spațiul din interiorul profilurilor umplut cu beton poros sau cu un alt material izolator (fig. 23.35). Pentru construcții cu cerințe de ordin plastic deosebit, se utilizează profiluri de forme speciale din aluminiu (fig. 23.36).

Montarea geamurilor în ramele ferestrelor se poate face : cu chit, cu șipculițe de lemn, bare metalice laminate sau din tablă ambutisată. Pentru ferestre ecrane, pentru suprafețe mari cu geamuri fixe, la construcții exigente, se pot folosi capace etanșe de metal pentru fixarea geamului care asigură etanșeitatea la infiltrații, înlăturînd dezavantajele chitului (fig. 23.37).

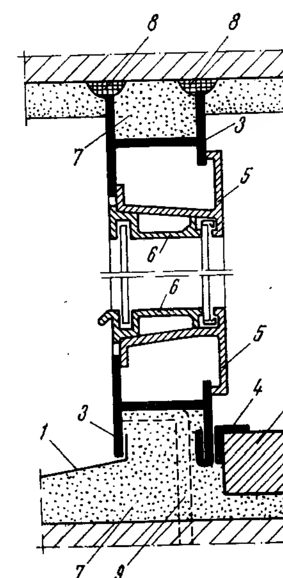


Fig. 23.36. Fereastră dublă din profiluri de aluminiu :

1 — șort din tablă ; *2* — glaf din marmură ; *3* — toc din aluminiu ; *4* — profil de racordare cu glaful ; *5* — cercevea ; *6* — profil pentru fixarea geamului ; *7* — mortar pentru fixarea tocului ; *8* — mastic bituminos ; *9* — ancoră din oțel lat.

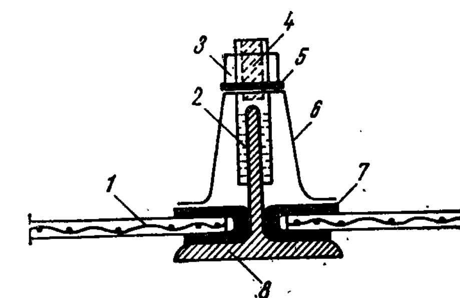


Fig. 23.37. Detaliu de montarea geamului cu capace etanșe :

1 — geam armat ; *2* — tijă sudată ; *3* — piuliță de alamă ; *4* — filet ; *5* — șaibă ; *6* — capac din tablă ; *7* — carton bitumat ; *8* — șpros.

23.2.6. CLASIFICAREA UŞILOR

Uşile sînt elemente de construcţie care asigură accesul de la exterior la interior şi cerinţele de comunicare între încăperi.

Se pot clasifica din mai multe puncte de vedere :

— *după poziţia lor în construcţie*, uşile pot fi exterioare, amplasate în pereţi exteriori sau interioare amplasate în pereţi interiori ;

— *după materialul folosit la construcţia lor*, se disting : uşi din lemn de brad masiv, placat sau furniruit ; uşi din lemn de stejar, obişnuit masiv ; uşi metalice sau din materiale plastice ;

— *după modul de deschidere*, uşile pot fi dreapta, cînd deschizînd uşa prin împingere balamalele sînt în dreapta sau stînga, cînd deschizînd uşa prin împingere, balamalele sînt în stînga ;

— *după numărul foilor şi modul de deschidere* (fig. 23.38), se disting uşi într-un canat, stînga sau dreapta, simple sau duble ; uşi în două canaturi deschise prin oscilaţie, simple sau duble ; uşi batante, cînd oscilaţia este de 180°, ceea ce permite deschiderea sau închiderea uşii, fie prin împingere, fie prin tragere ; uşi

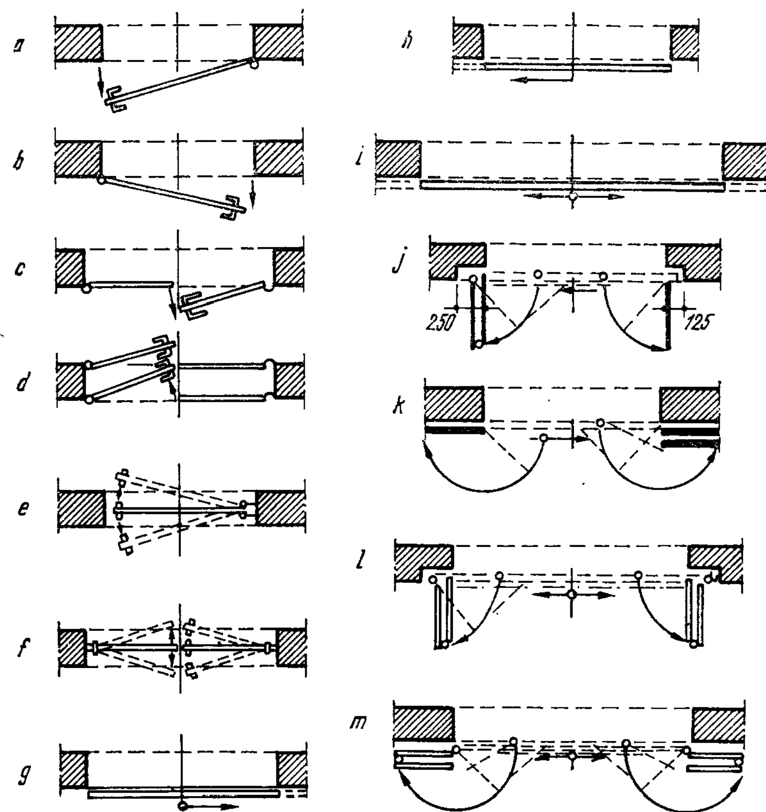


Fig. 23.38. Tipuri de uşi :

a ; *b* — uşă într-un canat cu deschidere dreapta, respectiv stînga ; *c* — uşă simplă în două canaturi ; *d* — uşă dublă în două canaturi ; *e* ; *f* — uşă dublă în unul, respectiv două canaturi ; *g* ; *h* — uşă glisantă într-un canat stînga, respectiv dreapta ; *i* — uşă glisantă în două canaturi ; *j* ; *k* — uşi pliante în trei canaturi ; *l* ; *m* — uşi pliante în patru canaturi.

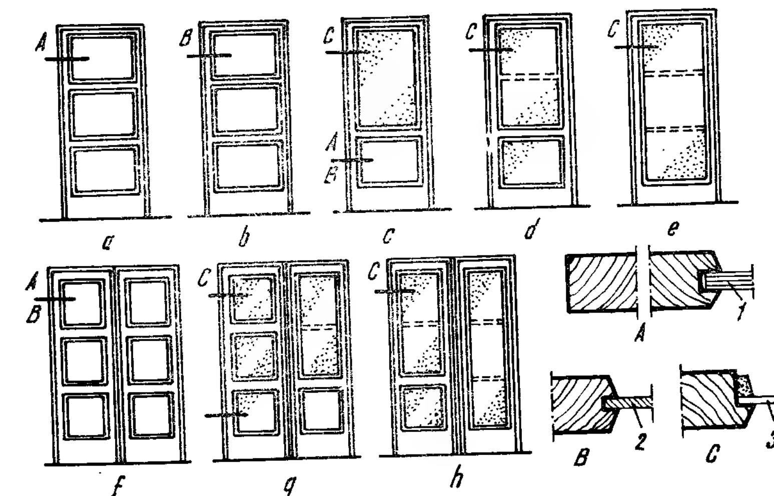


Fig. 23.39. Uşi interioare cu rame şi tăblii :

a...*e* — uşi într-un canat ; *f*...*h* — uşi în două canaturi ; *1* — tăblie din lemn masiv ; *2* — tăblie din placaj ; *3* — geam.

pliante, cînd deschiderea uşilor are loc prin oscilaţie şi translaţie ; uşi glasvand, cînd deschiderea uşilor are loc prin translaţie, în locaşuri din interiorul pereţilor ; uşi în mai multe canaturi oscilante, batante, simple sau duble ;

— *după destinaţia construcţiilor*, uşile pot fi : pentru construcţii civile, interioare, în unul sau două canaturi, cu rame şi tăblii (fig. 23.39) sau exterioare (fig. 23.40) ; uşi cu structură celulară (rame placate sau plăci celulare furniruite fig. 23.41), pentru locuinţe sau construcţii social-culturale. Formele şi dimensiunile foilor de uşi interioare sînt indicate în tabelul 23.3, dimensiunea maximă

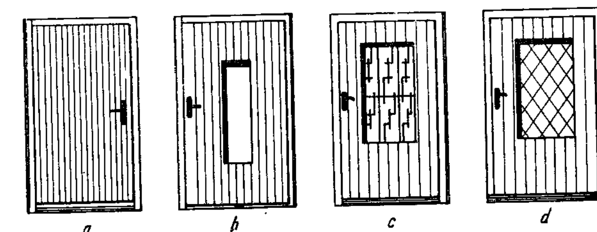


Fig. 23.40. Uşi exterioare :

a — cu foaia plină ; *b* — cu geam amplasat central ; *c* ; *d* — cu geam şi ornamente din fier forjat.

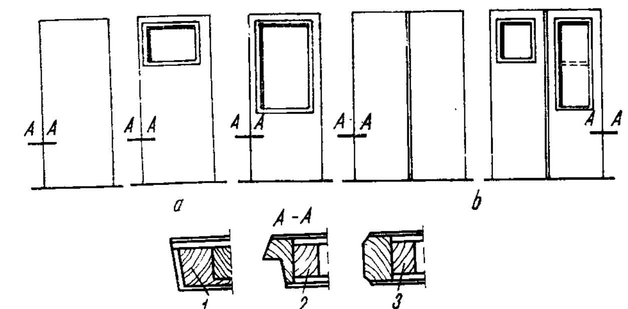


Fig. 23.41. Uşi interioare cu structură celulară, folosite la construcţii civile :

a — uşi într-un canat ; *b* — uşi în două canaturi ; *1* — foaie de uşă fără falţ ; *2* — foaie de uşă cu falţ ; *3* — foaie de uşă cu marginile profilate.

Tabelul 23.2

	Înălțimi		Lățimi							
	gol H, cm	toc h, mm	gol L, mm	toc l, mm	gol L, cm	toc l, mm	gol L, cm	toc l, mm	gol L, cm	toc l, mm
Dimensiuni	210	2090	70	684	70	684	–	–	–	–
			80	784	80	784	80	784	–	–
			90	884	90	884	90	884	–	–
			100	981	–	–	–	–	–	–
			–	–	–	–	–	–	150	1484
	190	1890	70	681	70	684	–	–	–	–
			80	784	80	784	80	784	–	–
			90	884	90	884	90	884	–	–
Alcătuire	Ușă cu foi plane									
	Ușă cu foi în tăblii									

a unei foi de ușă este de 1,00×2,50 m. Pentru construcții de locuințe și social-culturale ușile au lățimi cuprinse între 0,70 și 1,50 m și înălțimi între 1,90 m și 2,40 m;

— *după funcțiunile speciale pe care le îndeplinesc*, ușile pot avea un indice ridicat de protecție acustică, rol de protecție termică sau de protecție contra incendiului (antifoc).

23.2.7. CONDIȚII DE FUNCȚIONALITATE ALE UȘILOR

23.2.7.1. **Izolarea termică**. Ușile exterioare ca și ferestrele reprezintă elemente ale construcțiilor de minimă rezistență termică și conduc la costuri mari în exploatare pentru menținerea climatului interior necesar desfășurării activității umane. La calculele termotehnice, coeficienții la transferul căldurii prin ușile exterioare au valori între 2,3 și 5,8 m^2K/W, în funcție de caracteristicile constructive ale acestora. În cazul ușilor, pierderi considerabile de căldură au loc prin neetanșeități. În figura 23.42 sînt indicate diverse sisteme de etanșare a

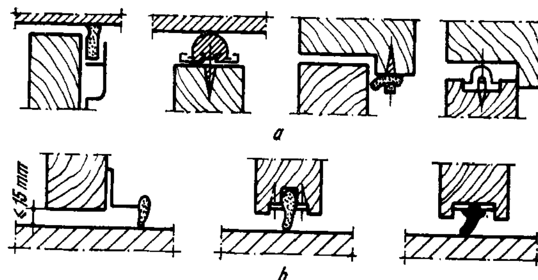


Fig. 23.42. Sisteme de etanșare a ușilor cu profiluri din metal ușor și benzi de cauciuc:

a – etanșare la extremitatea de sus și lateral; *b* – etanșare la partea inferioară.

ușilor la praguri, la partea de sus și lateral. În acest scop se utilizează profiluri ușoare metalice și benzi de cauciuc.

23.2.7.2. **Izolarea acustică**. Trecerea zgomotului dintr-un mediu închis în alt mediu este favorizată în mare măsură de întreruperile în continuitatea pe care le prezintă cele două medii. Pentru acest motiv, izolarea acustică a unei încăperi depinde în mare măsură de modul în care sînt concepute ușile și ferestrele.

Proprietățile de izolare fonică a ușilor depind de greutatea lor, de modul de execuție a foii ușii și în special de etanșeitatea închiderii. Valorile indicelui de reducție sonoră a unei uși cu o suprafață de 2 m^2, în funcție de dimensiunea rostului la prag sînt cuprinse între 17 și 36 dB pentru înălțimi ale rostului cuprinse între 0,5 și 40 mm. Diferența de eficacitate în ceea ce privește izolarea fonică a ușilor, în funcție de factorii relevați se poate observa și din următoarele date comparative:

— ușile obișnuite cu două canaturi cu tăblii de placaj au indicele de reducție sonoră 10...12 dB;

— idem, cu un canat, 15 dB;

— ușile grele cu un canat cu închidere etanșă pe contur au indicele de reducție sonoră 26...28 dB;

— idem, fără închidere etanșă, 8...12 dB;

— ușile duble cu un canat au indicele de reducție sonoră 30 dB;

— idem, cu etanșare pe tot conturul, 40 dB.

Pentru o bună izolare acustică, foaia ușilor din lemn trebuie executată din dulapi uscați de 4...5 cm grosime, îmbinați în nut și feder (fig. 23.43).

O bună etanșare se obține la rosturile de pe marginea ușilor prin montarea unor garnituri de cauciuc moale (fig. 23.44).

23.2.7.3. **Rezistența mecanică**. Tîmplăria pentru uși trebuie să prezinte aceleași condiții de rezistență ca și pentru ferestre.

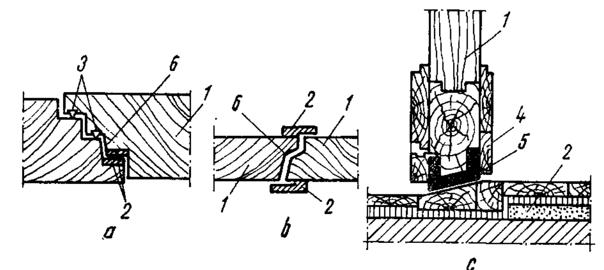


Fig. 23.43. Detalii de izolare fonică la uși:

a; *b* – închiderea ușii la rostul vertical; *c* – închiderea ușii la pardoseală; *1* – tăblia ușii din lemn masiv; *2* – fîșii din pîslă; *3* – burete de cauciuc; *4* – ramă pentru fixarea baghetei de cauciuc; *5* – baghetă de cauciuc; *6* – îmbinare în falț profilat.

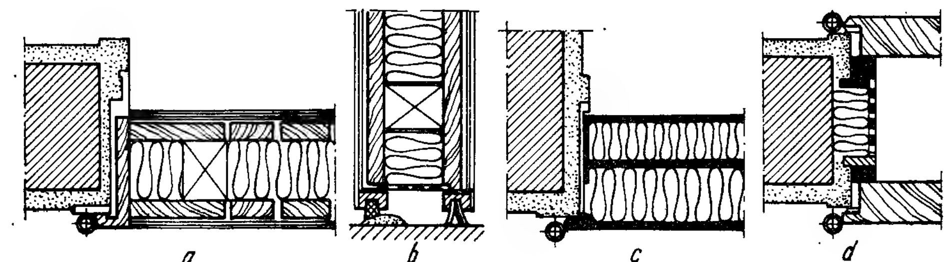


Fig. 23.44. Uși etanșe, izolate fonic:

a; *b* – secțiune orizontală și verticală printr-o ușă de lemn placată, cu strat interior fonoizolant; *c* – ușă metalică cu strat interior fonoizolant; *d* – ușă dublă fonoizolantă (detaliu de închidere la balama).

23.2.7.4. **Deformația și anduranța.** Încercările de deformație și anduranță se efectuează la fel ca cele pentru ferestre.

23.2.7.5. **Rezistența la foc.** Ușile reprezintă elementele cele mai slabe din punctul de vedere al protecției contra incendiilor. Gradul de rezistență la foc a ușilor incombustibile și greu combustibile este cuprins între 0,5 și 1,5 ore.

23.2.8. ALCĂTUIREA UȘILOR

Ușile sînt alcătuite din două părți principale : partea fixă, *tocul sau căptușeala*, constituită dintr-un cadru fixat în golul zidăriei și partea mobilă, denumită *foaie sau canat*.

Alcătuirea și construcția ușilor diferă în funcție de materialul din care sînt confecționate.

La construcția ușilor din lemn, tocul este realizat din dulapi de 6...7 cm grosime și 9...15 cm lățime (fig. 23.45). Tocul se îmbină cu foaia ușii în simplu falț (1,5 × 2,4 cm), cînd ușile sînt cu o singură foaie, sau în dublu falț la ușile duble. La uși simple, cealaltă parte a tocului este profilată, rotunjită sau simplu teșită. Golul zidăriei se face cu 1 cm mai mare decît tocul pentru a permite verificarea verticalității la montajul tocului. Spațiul dintre toc și perete este acoperit cu șipci profilate — *pervazuri*. Partea inferioară a tocului (pragul) se realizează din stejar pentru a avea rezistență mărită la uzură.

La încăperi principale, în locul tocurilor obișnuite se utilizează căptușeli și pervazuri care îmbracă fețele interioare ale zidurilor ce delimitează golurile ușilor. Modul de alcătuire a căptușelilor diferă după grosimea peretelui în care este dispusă ușa ; la pereți de grosimi mai mari de o cărămidă (25 cm) se folosesc căptușeli din frizuri și tăblii, ca și foaia ușii (fig. 23.46).

Ușile definitive se realizează, în general, cu foaia plină din PAL sau panel sau din tablă. O foaie de ușă în tăblii este compusă dintr-o ramă realizată din elemente verticale *frizuri* și orizontale *traverse*, în care se îmbină tăbliile alcătuite în diverse moduri (fig. 23.47). Îmbinările dintre elementele ramei se realizează în cep și se încleiază, iar tăbliile se realizează din placaj sau scînduri de 2...2,5 cm grosime și se îmbină cu rama în cep.

La uși în două canaturi foile se îmbină în falț cu tocul, iar la mijloc fie în falț la jumătatea lemnului, fie folosindu-se șipci de lovire — *șlaglaisten* (fig. 23.48).

Ușile interioare cu geamuri pot fi realizate în unul sau două canaturi (fig. 23.49). Geamurile se fixează cu chit sau cu șipci (ștaburi), bătute în ținte. La ușile

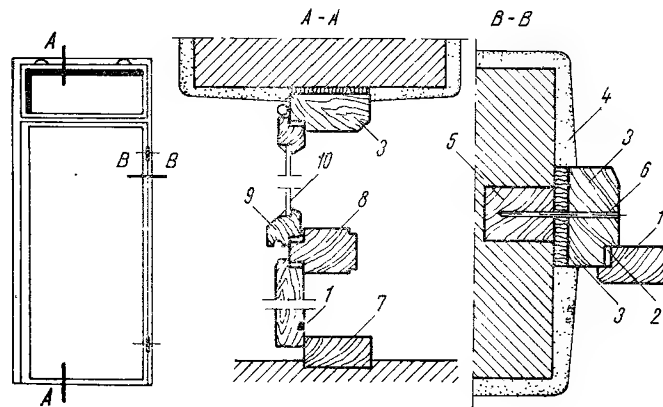


Fig. 23.45. Ușă cu foaia din lemn masiv și cu geam la partea superioară :
1 — foaia ușii din lemn masiv ; 2 — falț pentru îmbinarea foii ușii cu tocul ; 3 — toc ; 4 — tencuială ; 5 — ghermea ; 6 — cui pentru fixarea tocului în ghermele ; 7 — prag din lemn de esență tare ; 8 — chemfer ; 9 — cercevea ; 10 — geam.

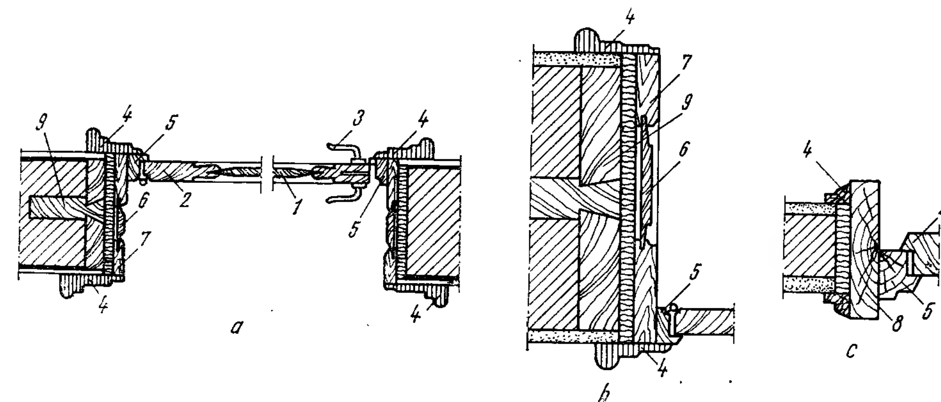


Fig. 23.46. Ușă în tăblii cu căptușeli :
a — secțiune orizontală ; *b* — detaliu de căptușeală în tăblii ; *c* — detaliu de căptușeală din lemn masiv ; *1* — tăblia ușii ; *2* — frizul ușii ; *3* — druker ; *4* — pervaz profilat ; *5* — tocul ușii ; *6* — tăblia căptușelii ; *7* — frizul căptușelii ; *8* — căptușeală din lemn masiv ; *9* — ghermea în coadă de rîndunică.

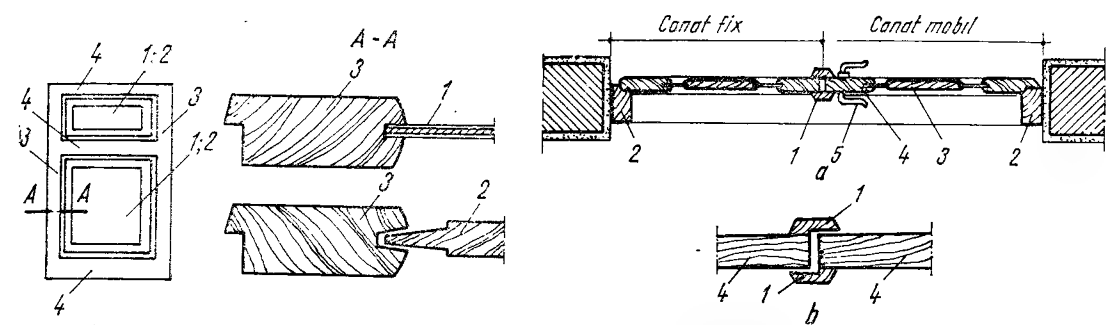


Fig. 23.47. Foaie de ușă cu tăblii :
1 — tăblie din placaj ; *2* — tăblie din lemn masiv ; *3* — friz ; *4* — traversă.

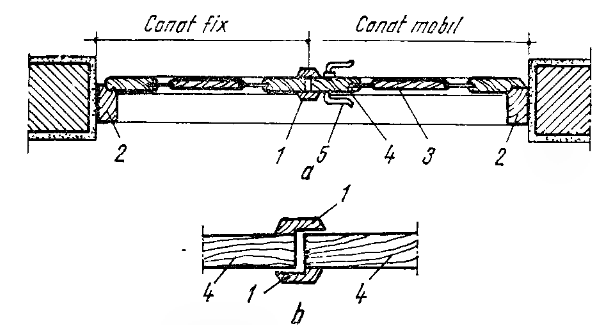


Fig. 23.48. Ușă în două canaturi :
a — secțiune orizontală ; *b* — detaliu de îmbinare la mijloc cu șipci de lovire ; *1* — șipcă de lovire ; *2* — toc ; *3* — tăblie ; *4* — friz ; *5* — druker.

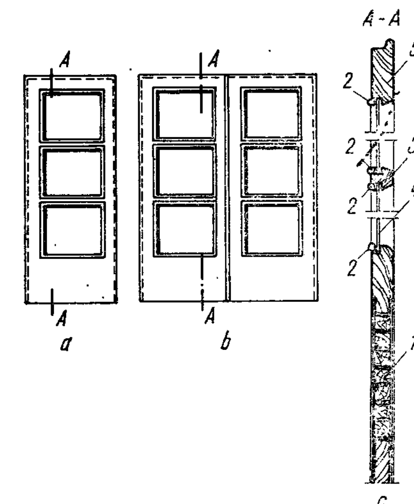


Fig. 23.49. Ușă interioară cu geamuri :
a — ușă într-un canat ; *b* — ușă în două canaturi ; *c* — secțiune verticală ; *1* — parapetul ușii ; *2* — șipcă pentru fixarea geamului ; *3* — șpros orizontal ; *4* — geam ; *5* — friz.

exterioare, partea cu geam se poate face mobilă, cu cercevea simplă de fereastră, frizurile ușii servind drept toc. La uși se folosesc geamuri obișnuite, 2...3 mm grosime, geamuri bizotate (cu muchia teșită), ornament, jivrate sau mate.

Feroneria necesară pentru manevrarea ușilor și fixarea lor în poziție închisă este constituită din :

— balamale îngropate avînd mărimile 9 ; 10 ; 12 cm înălțime și cu două sensuri de deschidere, stînga sau dreapta ;

— balamale aplicate-pomele, cu mărimile 8 ; 11 ; 14 sau 16 cm, cu două sensuri de funcționare, stînga sau dreapta ;

— paftale (balamale aplicate), folosite la uși dulgherești, porți etc.

Pentru fixarea ușilor în poziție închisă se folosesc broaște aplicate (fig. 23.50), formate dintr-o cutie de metal, în interiorul căreia se găsește mecanismul de închidere sau broaște îngropate care sînt caracterizate prin aceea că mecanismul de închidere se introduce într-un locaș săpat în muchia frizului ușii. Pentru fixarea în poziție închisă a canaturilor se folosesc zăvoare îngropate cu nucă alunecătoare sau cu pîrghie basculantă și zăvoare aplicate pe foaia ușii cu cuie sau șuruburi.

Ușile metalice se utilizează în special la construcții industriale sau ca uși de intrare la clădiri de locuit și social-culturale. Ca și cele din lemn, ușile metalice sînt formate din două părți : ușa propriu-zisă sau foaia ușii, care este partea mobilă și tocul care este partea fixă. Ușile metalice se pot alcătui din profiluri laminate la cald cu foaia din tablă de oțel, plină (fig. 23.51) sau cu geam. Tocul

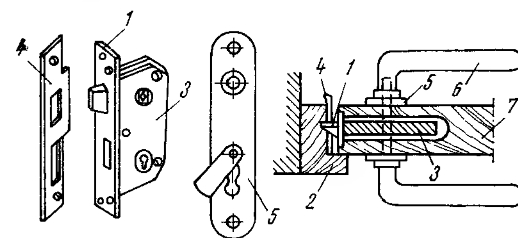


Fig. 23.50. Broască îngropată :
1 — tăbliță pe foaia ușii ; 2 — toc ; 3 — broască îngropată ; 4 — tăbliță pe toc ; 5 — șild ; 6 — druker ; 7 — foaia ușii.

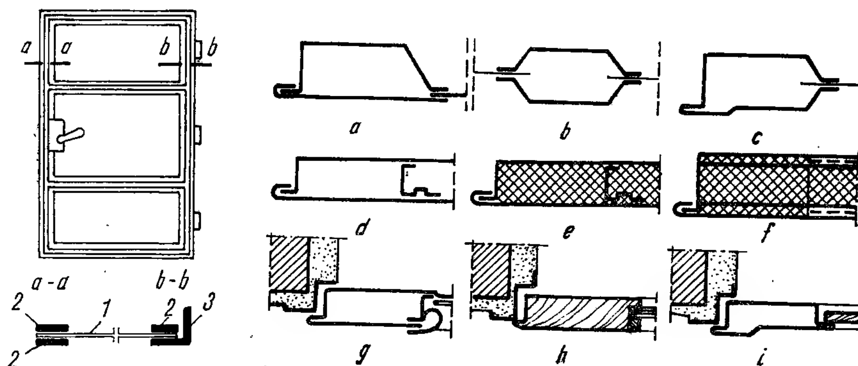


Fig. 23.51. Ușă metalică din profiluri laminate cu foaia plină, din tablă de oțel :
1 — foaie din tablă de oțel ; 2 — frizuri din oțel lat ; 3 — friz din profil cornier.

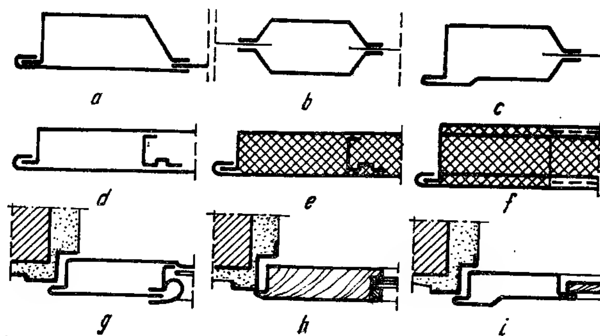


Fig. 23.52. Uși metalice :
a ; b ; c — cu o singură foaie ; d — cu două foi ; e ; f — uși metalice cu două foi și termoizolație rezistentă la foc ; g — ușă metalică pentru clădiri de locuit ; h — ușă pentru clădiri de locuit pe toc metalic și foaie din lemn ; i — ușă cu toc și ramă metalică și tăblii din lemn.

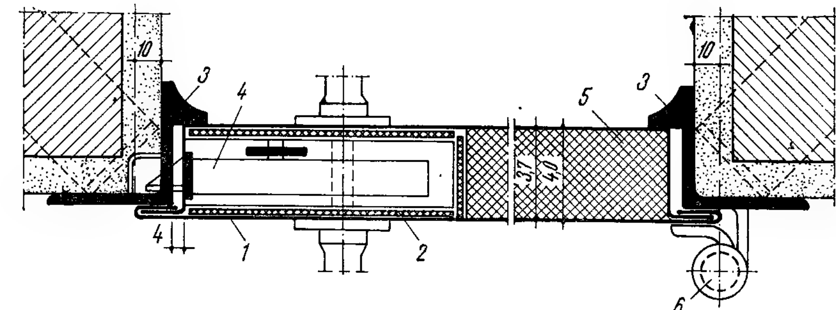


Fig. 23.53. Secțiune orizontală printr-o ușă metalică antifoc :
1 — foaie din tablă ; 2 — foaie de fibrociment ; 3 — toc metalic ; 4 — broască îngropată ; 5 — umplutură din kiselgur calcinat ; 6 — balama.

poate fi executat din profil U, cornier, profil T sau oțel lat. Foaia ușii are o ramă din oțel profilat, care poate fi executată din oțel cornier sau profil T, de 30 pînă la 50 mm, sau din două benzi de oțel. Pe această ramă se fixează prin nituire sau sudare o foaie de tablă de 1,5 sau 2 mm grosime. Ușile metalice se pot realiza și din tablă presată de 2 mm grosime reproducînd forma ușilor din lemn pe toc (fig. 23.52). Întrucît ușile metalice au o rezistență mică la trecerea căldurii, spațiul dintre cele două foi de tablă se poate completa cu material termoizolant.

Ușile metalice care cuprind între cele două foi de tablă o umplutură din material incombustibil (azbest, argilă, vată minerală, vată de sticlă etc.) se pot utiliza ca elemente antifoc. Ușile antifoc se pot realiza din profiluri laminate obișnuite sau din profiluri speciale pentru toc și frizuri și din două foi de tablă presată pentru foaia ușii (fig. 23.53).

Capitolul 24

ZUGRĂVELI ȘI VOPSITORII. ELEMENTE DE TEORIA CULORILOR

24.1. ROLUL CULORII ÎN FINISAREA CONSTRUCȚIILOR

24.1.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Una din problemele importante ale finisării construcțiilor civile, social-culturale și industriale o constituie alegerea judicioasă a culorilor pereților și tavanelor, a tîmplăriei, a instalațiilor și utilajelor.

Culoarea este un mijloc de compoziție arhitecturală ce are rolul de a contribui la desfășurarea procesului de producție, la exprimarea cerințelor psihologice, fizice, plastice și economice ale clădirilor, ale construcțiilor și ansamblurilor urbane.

Încă în arhitectura antichității s-a folosit, în plastica construcțiilor, monocromia și policromia la pictura murală, cărămizile, fresca, teracota și mozaicurile colorate etc.

Arhitectura feudală se caracterizează prin apariţia clădirilor cu schelet de lemn colorat, vizibil la faţade, prin utilizarea frescelor şi a picturilor murale exterioare şi interioare.

În arhitectura noastră populară ca şi în cea a bisericilor pictate din Moldova se remarcă bogăţia de culori a motivelor ornamentale ale frescelor exterioare, a cărămizilor, a discurilor smălţuite şi a ţiglelor divers colorate, utilizate frecvent în plastica exterioară, cu efecte de mare sensibilitate şi autenticitate.

În arhitectura modernă, culoarea este un element esenţial în asigurarea unei ambianţe optime în interiorul clădirilor şi a unei plastici exterioare a construcţiilor cu rezultate favorabile tehnice şi economice la execuţie şi cu efecte decorative, estetice, economice şi de siguranţă în exploatare.

24.1.2. ELEMENTELE CULORII

Senzaţia de culoare este legată de impresionarea ochiului datorită luminii. Culoarea şi lumina în natură sînt forme de manifestare ale aceluiaşi fenomen fizic. N e w t o n a descoperit faptul că lumina ce caracterizează culoarea albă este alcătuită din şapte culori componente, definite prin lungimi de undă cuprinse între 760 mμ (roşu) şi 400 mμ (violet), ce alcătuiesc întreaga gamă spectrală a culorilor vizibile. Radiaţiile cu lungime de undă sub 400 mμ caracterizează întunericul şi reprezintă radiaţiile calorice; radiaţiile cu lungime de undă mai mare de 760 mμ caracterizează fenomenele ondulatorii complexe din univers.

Senzaţiile de culoare provin de la două surse diferite : de la *lumina naturală* (pură), ce este în funcţie de lungimea de undă incidentă şi de la *lumina reflectată* de corpurile ce ne înconjură şi care depinde de lungimea de undă reflectată, compoziţia materiei şi de pigmentaţia suprafeţei exterioare a corpurilor.

Culoarea este o radiaţie caracterizată printr-o anumită lungime de undă, cu efect fiziologic asupra retinei oculare sub acţiunea unei surse luminoase. Vibraţiile de culoare (lumina) se caracterizează prin lungime de undă şi amplitudine.

Lungimea de undă, λ, caracterizează calitatea energiei radiante şi deci culoarea, iar amplitudinea radiaţiei, A, o determină cantitativ, definind strălucirea sau luminozitatea (fig. 24.1).

Tenta culorii sau culoarea este determinată de lungimea de undă ce caracterizează culorile spectrului luminos (roşu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo şi violet) şi combinaţiile acestora. La bază există, de fapt, trei culori (galben, roşu şi albastru) din care în mod teoretic se obţin toate celelalte, inclusiv culoarea albă prin recompunerea acestor culori de bază. Amestecînd cîte două din culorile de bază se obţin culorile compuse de gradul I şi anume : galben şi roşu = portocaliu ; roşu şi albastru = violet ; galben şi albastru = verde ; prin combinaţia a cîte două culori compuse de gradul I se obţin culorile compuse

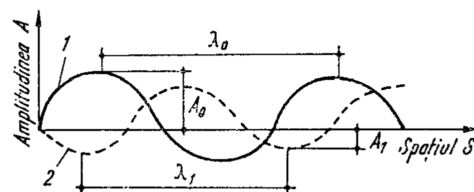


Fig. 24.1. Lungimea de undă şi amplitudinea radiaţiei de lumină :
1 – unda directă; 2 – unda difuză.

de gradul II şi anume : portocaliu şi violet = maro roşcat ; violet şi verde = gri-bleu ; verde şi portocaliu = ocru. În afară de aceste culori trebuie menţionată culoarea albă, care reprezintă lumina teoretic pură şi culoarea neagră, care caracterizează obscuritatea absolută. După unii autori, ochiul omenesc poate distinge 150...200 culori ce s-au putut delimita în spectrul luminos.

O altă calitate a culorii este *puritatea* ce indică proprietatea acesteia de a fi mai concentrată sau mai palã, fiind dependentă de raportul tentei faţă de culoarea albă sau neagră. Puritatea culorii depinde de uniformitatea lungimilor de undă percepute ; cu cît lungimile de undă radiate de corpul colorat sînt mai uniforme cu atît culoarea este mai pură.

Luminozitatea sau ***strălucirea culorii*** este proprietatea acesteia de a fi mai mult sau mai puţin vie şi depinde de amplitudinea undelor luminoase şi de cantitatea de lumină reflectată.

Luînd în considerare că ochiul omenesc distinge 150 tente în spectrul luminii şi că pentru fiecare tentă sînt posibile 10 variaţii ale saturaţiei culorii şi 10 variaţii ale luminozităţii, rezultă în total $150 \times 10 \times 10 = 15\,000$ tente posibile. După M u n s e l l determinarea culorilor se poate face prin denumirea tentei însoţită de doi coeficienţi numerici, unul pentru intensitate şi altul pentru saturaţie.

24.1.3. CULOAREA ÎN CONSTRUCŢIILE CIVILE

La utilizarea culorii în construcţiile civile prezintă importanţă alegerea culorii de bază, cunoaşterea culorilor complementare, analiza efectelor de fuziune şi radiaţie, determinarea efectelor psiho-fizice ale senzaţiilor de culoare, raportul dintre culoare şi spaţiu, capacitatea de reflexie a suprafeţelor colorate, armonizarea culorilor şi relaţia dintre culoare şi lumina artificială. Cerinţele de plastică în construcţiile civile se bazează, în general, pe folosirea efectelor a două sau mai multe culori. În cazul folosirii a două culori în acelaşi cadru, prezintă importanţă alegerea culorilor care se susţin una pe cealaltă, a culorilor complementare, care prin contrast prezintă efectele cele mai vii. Culorile complementare C se pot obţine prin combinarea a cîte două culori compuse de gradul I situate în vîrfurile opuse a două triunghiuri echilaterale înscrise într-un cerc (fig. 24.2). Astfel, culoarea portocaliu apare mult mai intensă pe fond albastru, culoarea verde pe fond roşu şi culoarea galben pe fond violet.

La utilizarea a două culori alternative, trebuie să se ţină seama de efectele de fuziune şi iradiaţie a culorilor. Astfel, în cazul a două culori pe suprafeţe învecinate, ochiul poate vedea o a treia culoare, compusă din cele două şi diferită de ambele culori ; acest fenomen de fuziune a culorilor depinde de mărimea suprafeţelor ce se colorează şi de distanţa de la care sînt privite.

Prin fenomenul de iradiaţie se are în vedere faptul că formele colorate în culori deschise par mai mari, iar cele colorate în culori închise par mai mici.

Culorile au efecte variate de ordin psihic asupra omului, fapt de care trebuie să se ţină seama în practică. Astfel, culorile din jurul galbenului sînt luminoase şi calde (fig. 24.3), iar cele din jurul violetului dau senzaţii de întunecat şi rece. Alegerea culorilor la finisajele construcţiilor se face după calitatea lor de a fi luminoase sau întunecate, în raport cu cerinţele de a micşora sau mări cantitatea

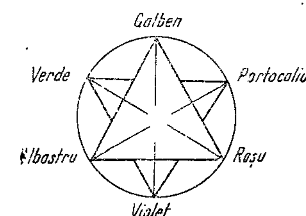


Fig. 24.2. Culori complementare.

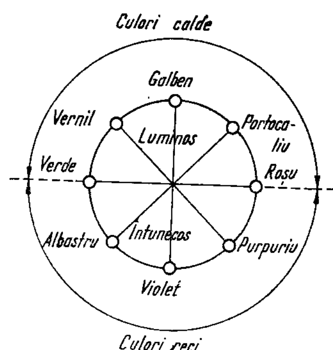


Fig. 24.3. Determinarea efectelor psihice ale culorilor.

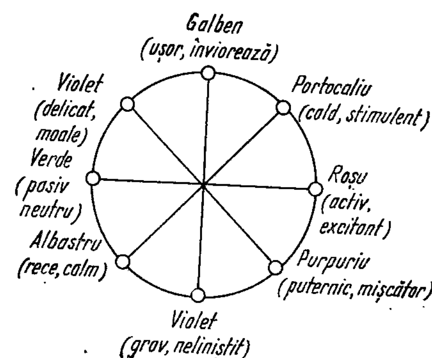


Fig. 24.4. Sentimentele determinate de culoare.

de lumină în încăperi sau în funcție de poziția exterioară sau interioară a finisajelor.

Unele experimentări au arătat că, culoarea roșu prin radiațiile sale vecine în spectru cu infraroșu poate declanșa procese fizico-chimice în organismul omenesc, care măresc tensiunea musculară și presiunea sanguină și influențează respirația. Culorile simple, pure ca și cele compuse prin tonalitatea lor, determină reacții și sentimente variate. Astfel culoarea galben înviorează, portocaliul stimulează, roșul excită, verdele este pasiv, albastrul calmează, iar violetul este deprimant (fig. 24.4). Culorile în tonuri deschise generează, în general, optimism, în timp ce culorile în tonuri închise generează monotonie, tristețe.

Formele arhitectonice interioare și exterioare trebuie subliniate prin culori care acționează asupra efectelor de suprafață și volum și, în general, asupra spațiului încăperilor la interior și asupra volumelor la exterior. Astfel, culorile deschise măresc volumul încăperilor, în timp ce culorile închise îl micșorează; la culoare și scări se vor evita culorile închise atît din motive de lumină, cît și din cerințe psihologice. Alegerea culorilor la diferite elemente de construcție se face și în raport cu cerințele funcționale, astfel culorile închise pot fi adoptate pentru elementele de rezistență (stîlpi), iar tonurile deschise, pentru tavane. La alegerea culorilor se va ține seama și de aspectul suprafețelor materialelor; astfel, materialele fibroase nu suportă culori prea vii, iar redarea culorilor depinde de faptul dacă suprafața este strălucitoare sau mată, granulată sau netedă. Culorile calde pentru uși conduc la impresia de spațiu închis, în timp ce culorile închise accentuează funcția de deschidere. Alegerea culorilor pereților se face și în raport cu înălțimea încăperilor, iar adoptarea la soclu a culorilor diferite față de restul pereților trebuie ordonată cerințelor funcționale și de armonizare policromă. Pardoselile se pot realiza în două sau mai multe culori, în timp ce pereții se pretează mai puțin la culori diferite. Culoarea pardoselilor poate fi mai închisă în timp ce culoarea tavanului trebuie să fie deschisă — culoarea soarelui, a cerului. Culoarea alb exprimă curățenie, dar este o culoare rece, cu mare putere de reflexie a luminii, ce poate fi folosită la separarea a două culori contrastante.

Culorile mobilierului, ale obiectelor și ale elementelor încăperilor trebuie să predispună la curățenie, să trezească optimism, armonie între ele și cu mediul ambiant. Trebuie, de aceea, să se recurgă la culori care să evoce zilele însorite sau verdele naturii, în tonuri diverse și combinații de galben-ocru, verde pal,

portocaliu, galben-verzui, care să conducă la efecte plastice majore atît în ce privește ambianța interioară cît și în raport cu încadrarea clădirilor în mediul urbanistic existent sau în natura înconjurătoare.

Culorile nu pot fi percepute fără lumină, dar în același timp trebuie să se aibă în vedere că lumina influențează această percepere. Astfel, lumina naturală are capacitatea de a reflecta toate culorile în aceeași proporție, iar lumina artificială (incandescentă, cu arc voltaic, cu vapori de mercur și cea fluorescentă) nu cuprinde toate culorile spectrului solar și în aceleași proporții cu lumina naturală, motiv pentru care culorile nu sînt redate în același mod ca de lumina naturală. Iluminarea artificială generală și cea locală trebuie astfel combinate, încît să se evite contrastele puternice și efectele de umbră.

La alegerea culorilor pentru finisajele interioare și exterioare, trebuie să se țină seama de puterea de reflexie a suprafețelor colorate care reflectă radiațiile corespunzătoare culorii lor. Folosirea culorilor în scopul măririi luminii depinde și de puterea lor de reflexie; astfel, culoarea albă are o putere de reflexie de 100%, iar culoarea neagră de 0%. În raport cu materialele folosite, capacitatea de reflexie la tavane este de 70%, la pereți de 50% și la pardoseli de 15%. În tabelul 24.1 se prezintă valorile factorului de reflexie pentru diferite mate-

Tabelul 24.1

Nr. crt.	Materiale	Factor de reflexie, %	Nr. crt.	Culori	Factor de reflexie, %
1	Aluminiu	83	1	Galben	70
2	Asfalt uscat	20	2	Crem	70
3	Beton uscat	32	3	Ocru deschis	60
4	Cărămidă roșie	18	4	Portocaliu	30
5	Piatră gălbuie	35	5	Maro deschis	25
6	Stejar natur	33	6	Bej	25
7	Hîrtie albă	84	7	Roșu carmin	10
8	Tablă galvanizată	66	8	Violet închis	5
			9	Albastru deschis	40
			10	Verde gălbui	60

riale și culori. Alegerea judicioasă a materialelor și culorilor poate constitui un mijloc eficace pentru îmbunătățirea condițiilor de iluminare a încăperilor, de plastică interioară și exterioară, de confort și ambianță adecvată. În domeniul construcțiilor de locuințe, culoarea poate acționa asupra cadrului spațiului interior, asupra mobilierului, asupra compoziției urbanistice de ansamblu prin ruperea monotoniei și prin încadrarea armonioasă în natură și în peisajul urban existent.

Tratarea coloristică interioară și exterioară a locuinței are efecte de ordin psihologic în măsură să determine calitatea în exploatare a clădirilor și să influențeze favorabil cerințele și condițiile de viață ale omului.

24.2. SPOIELI. ZUGRĂVELI. VOPSITORII. PICTURĂ. TAPETE

24.2.1. CONDIȚII DE FUNCȚIONALITATE. CLASIFICARE

Lucrările de acoperire a tencuielilor, a suprafețelor de lemn, beton sau metal cu strat de protecție, în diferite culori, alcătuiesc spoielile, zugrăvelile și vopsitoriile [56].

Aceste lucrări de finisaje îndeplinesc funcţiunile :

— *de protecţie*, în special contra umidităţii climatice, la interior sau la exterior, cum sînt vopsitoriile pe gleturi, vopsitoriile pieselor metalice şi ale elementelor de lemn ;

— *igienic*, atunci cînd cerinţa principală este de a asigura întreţinerea în bune condiţiuni şi cu cheltuieli minime a unor încăperi cu destinaţie publică sau cu frecvenţă mare de utilizare ca : bucătării, băi, spălătorii la clădiri de locuit, anumite încăperi din gări, spitale, şcoli, cămine, WC-uri publice etc. ;

— *decorativ*, cînd prin aplicarea finisajului se urmăresc în mod deosebit efecte estetice, psihologice ;

— *de protecţie ignifugă*, ce interesează în special în cazul materialelor combustibile, cum este lemnul, care se protejează contra focului.

Pentru realizarea finisajelor sub formă de văruieli se foloseşte lapte de var (pastă de var diluată), iar la zugrăveli şi vopsitorii se folosesc vopsele, ce sînt amestecuri între coloranţi şi lianţi.

După natura liantului, vopselele pot fi :

— *preparate cu apă*, apă cu clei, clei de cazeină, denumite vopsele de apă, iar lucrările poartă numele de zugrăveli ;

— *preparate cu ulei de in*, înlocuitori sau emulsii, denumite vopsele de ulei, iar lucrările de vopsire, vopsitorii de ulei sau simplu, vopsitorii ;

— *preparate cu lacuri*, lucrarea de vopsire numindu-se lăcuire ;

— *pe bază de materiale sintetice* (materiale plastice).

24.2.2. MATERIALELE UTILIZATE LA LUCRĂRILE DE ZUGRĂVELI ŞI VOPSITORII

Pentru prepararea materialelor necesare la zugrăveli şi vopsitorii se folosesc : coloranţi, lianţi, materiale auxiliare, vopsele gata preparate.

24.2.2.1. **Coloranţii**. Sînt substanţe colorate, insolubile în diluanţii sau solvenţii cu care se folosesc. Calităţile pe care trebuie să le prezinte coloranţii sînt :

— putere de acoperire, respectiv capacitatea de a acoperi alt colorant ;

— capacitate de colorare, respectiv calitatea unui colorant de a da culoarea sa altui material cu care se amestecă ;

— rezistenţă în timp, definită prin calitatea de a-şi păstra culoarea sub acţiunea razelor solare ;

— capacitatea de reţinere a uleiului, adică de a se lega cu o anumită cantitate de ulei la prepararea vopselelor prin amestecare, influenţată de fineţea de măcinare.

Coloranţii nu trebuie să fie nocivi la execuţie, trebuie să reziste la acţiunea alcaliilor dacă se aplică pe tencuieli de var, să nu conţină săruri solubile care, după uscare, pot produce pete, eflorescenţe şi să nu fie corosivi, adică să nu atace metalele şi, în general, suportul pe care se aplică.

După natura lor, coloranţii pot fi naturali sau sintetici.

În construcţii se utilizează următorii coloranţi :

— *coloranţi albi* : albul de zinc (oxid de zinc) cu mare putere de acoperire, netoxic ; albul de plumb, cu putere mare de acoperire, dar care se înnegreşte şi este toxic ; carbonatul de calciu (cretă) utilizat la zugrăveli ; oxidul de calciu (varul) utilizat la văruieli ;

— *coloranţi galbeni* : ocrul galben, cu mare putere de acoperire, realizat din argilă naturală şi oxid de fier; ocrul ars, preparat prin calcinarea ocrului galben ; crom, în nuanţe diferite, în funcţie de natura sărurilor acidului cromic ;

— *coloranţi roşii* : miniul de fier obţinut din minereuri de fier prezintă o bună protecţie contra ruginii, nu este însă stabil descompunîndu-se sub acţiunea luminii ; miniul de plumb, obţinut prin calcinarea oxidului, utilizat pentru protecţia metalelor contra ruginirii ; cinabrul natural, care este toxic şi cinabrul artificial care este rezistent şi cu putere mare de acoperire ; ocrul roşu, obţinut prin calcinarea ocrului galben ;

— *coloranţi maro* : siena, siena arsă, obţinuţi prin calcinarea argilei cu adaosuri diferite ;

— *coloranţi albaştri* : ultramarinul, azurul, cobaltul, rezistenţi la lumină ;

— *coloranţi verzi* : malachit, verde de crom, culori puţin rezistente ;

— *coloranţi negri* : negrul de fum, obţinut prin arderea incompletă a uleiului, păcurii, smoalei, materiilor lemnoase ; osul ars, obţinut prin măcinarea fină a oaselor arse ; peroxidul de mangan ;

— *coloranţi metalici* : pulberi de aur, argint, aluminiu, bronz.

22.2.2.2. **Lianţii**. Au rolul de a lega vopselele între ele şi de a asigura aderenţa la stratul suport. Se clasifică astfel :

— *lianţi pentru vopsele cu apă* (zugrăveli) ;

— *lianţi pentru vopsele de ulei* şi alte compoziţii, fără apă.

Lianţii pentru zugrăveli sînt apa simplă, apa cu cleiuri animale, cleiuri vegetale sau anumiţi silicaţi (ciment, var).

La lucrările de zugrăveli şi vopsitorii se folosesc :

— *cleiuri animale*, sub formă de plăci sau pastă, extrase din oase, piei etc. ; *cazeină*, clei animal, sub formă de praf obţinut din lapte ; *cleiuri vegetale*, obţinute din cartofi, grîu, secară ; *silicaţi*, cum este sticla solubilă ; *var* ; *ciment* ; *uleiuri naturale* cum sînt uleiul de in şi cînepă ce se usucă în 24 ore ; prin adaos de sicativ (terebentină) se obţine micşorarea duratei de uscare.

24.2.2.3. **Materiale auxiliare**. Sînt folosite pentru lucrările de zugrăveli şi vopsitorii :

— *sicativii* cu rol de a grăbi uscarea ; în proporţie de 2 ...11 % în compoziţiile de ulei, micşorează timpul de uscare la 8 ...12 ore ;

— *săpunul*, indicat la spălarea de praf şi funingine a suprafeţelor vechi ce urmează a fi din nou zugrăvite, ca adaos în vopselele cu var şi cazeină pentru a le mări calitatea, iar împreună cu clei serveşte drept grund la vopsele cu apă ;

— *sulfatul de cupru* (piatra vînătă), dizolvat în apă este utilizat la spălarea tencuielilor şi a lemnului pentru distrugerea ciupercilor ;

— *calaicanul* şi *hidraţii de aluminiu* se adaugă în vopselele de apă pentru a le mări rezistenţa şi pot înlocui sulfatul de cupru în stratul de grund ;

— *carbonatul de sodiu* serveşte pentru spălarea suprafeţelor afumate ;

— *acidul clorhidric*, în soluţie de 1 ... 2 % se utilizează la spălarea faţadelor de cărămidă aparentă şi de piatră ;

— *ceara naturală* dizolvată în spirt, benzină sau terebentină obţinîndu-se emulsii pentru obţinerea unor vopsele rezistente.

Pentru curăţirea şi şlefuirea suprafeţelor, în vederea aplicării zugrăvelilor şi vopsitoriilor, se foloseşte spumă de mare, hîrtie sticlată.

24.2.2.4. **Lacurile, emailurile şi vopselele**. Sînt produse gata preparate care se folosesc la lucrările de vopsitorii aplicate sub formă de pelicule, după cerinţele tehnice, estetice şi igienice ale lucrărilor. Se pot clasifica astfel :

— *după modul de aplicare* : cu pensula, prin stropire, prin stropire la cald, stropire în cîmp electrostatic etc.;

— *după natura suprafeței care se vopsește* : din beton, mortar, metal, sticlă, materiale plastice etc.

— *după scopul urmărit* : protecție contra apei, protecție anticorosivă, protecție contra focului etc.;

— *după poziția straturilor din sistemul de vopsire*, lacurile și vopselele se clasifică în : grunduri, chituri, grunduri de culoare, vopsele, emailuri și lacuri;

— *după natura produsului de bază*, lacurile și vopselele pot fi : produse pe bază de uleiuri vegetale care formează pelicule printr-un proces de uscare chimic; produse pe bază de derivați celulozici, care formează pelicule printr-un proces de uscare fizică ; produse pe bază de rășini naturale sau sintetice, care formează pelicule pe baza unor procese fizice sau chimice; produse pe bază de lianți solubili în apă sau care conțin apa ca dispersant.

Lacurile sînt soluții de derivați celulozici, rășini naturale (șerlac, copal, colofoniu etc.), substanțe bituminoase sau rășini artificiale în solvenți organici, cu sau fără adaos de uleiuri vegetale, care după uscare constituie pelicule transparente, lucioase. Nitrolacurile sînt soluții de nitroglicerină în dizolvanți care se usucă foarte repede.

Emailurile sînt lacuri pigmentate cu pigmenți anorganici sau organici, cu sau fără adaos de materiale de umplutură, care după uscare reprezintă pelicule colorate, netede și lucioase.

Grundurile sînt dispersii de pigmenți și materiale de umplutură în uleiuri sau lacuri, obținîndu-se pelicule dure și mate.

Chiturile sînt constituite din lacuri cu adaos mare de pigment și material de umplutură, obținînd după uscare straturi dure cu aspect mat, ușor de șlefuit.

Grundurile de culoare sînt dispersii de pigment și materiale de umplutură în lacuri sau uleiuri, cu o proporție de pigmenți intermediară între aceea a grundului sau a vopselei de culoare ce constituie stratul următor.

Vopselele sînt dispersii de pigmenți sau pigmenți și materiale de umplutură în diferite substanțe peliculogene. Ele sînt colorate și acoperitoare, iar după uscare conduc la pelicule cu aspect semimat sau semilucios.

Dizolvanții se folosesc pentru a asigura consistența la execuție a vopselelor. Cei mai utilizați sînt : terebentina, obținută prin distilarea uscată a lemnului de conifere; white-spirt sau benzină de lac, obținută prin distilarea păcurii; benzol, obținut prin distilarea cărbunilor de pămînt.

24.2.3. VĂRUIELI ȘI ZUGRĂVELI

24.2.3.1. **Văruieli.** În vederea aplicării spoielilor și zugrăvelilor, suprafețele suport se prelucrează în mod special, în funcție de materialul suportului, modul de finisare, compoziția vopselei, condițiile de exploatare (interioare sau exterioare), starea suprafeței (dacă a mai fost sau nu zugrăvită).

Cea mai simplă zugrăveală este *văruiala* sau *spoiala realizată cu lapte de var*, stins de cel puțin 10 zile și trecut prin sită. Se pot adăuga coloranți rezistenți la alcalii, în cantitate de cel mult 10%. După ce s-a pregătit suprafața de spoit prin șlefuire cu hîrtie sticlată, se udă bine, după care se aplică văruiala în 2 sau 3 straturi, stratul nou realizîndu-se numai după uscarea stratului anterior. Laptele de var se prepară dozîndu-se 5 l de apă la 1 kg pastă de var. Pentru a

obține suprafețe netede se adaugă ipsos în laptele de var, în proporție de 10%. Pentru a mări aderența la perete, se poate adăuga 1 kg lapte de vacă sau dextrină la 10 kg lapte de var; aderența la suport poate fi mărită și prin adaos de clei, sare sau ulei de in. Pentru mărirea durabilității, se pot adăuga oxizi metalici. Primul strat de var, de amorsare, cu adaos de ulei de in ce asigură aderența la stratul suport, se numește *pacioc*.

24.2.3.2. **Zugrăveli simple.** Se realizează manual sau mecanic din vopsele de apă și clei și se aplică obișnuit pe tencuieli de var, după șlefuirea stratului suport. Crăpăturile și fisurile se chituiesc cu ipsos, după care se șlefuiesc cu hîrtie sticlată. Pe suprafețele chituite și șpacluite se aplică stratul de grund din humă, clei și colorant, se spală cu soluție diluată de săpun și apoi se aplică straturile de zugrăveală preparate cu clei animal, în 2 . . . 4 reprize, pînă se obține culoare omogenă. Tavanele albe se realizează cu praf de caolin sau alb de zinc. Pe tencuieli de ipsos sau glet de ipsos, suprafața de zugrăvit se chituiește cu ipsos și se spoiește cu emulsie de clei animal.

Pe suportul astfel pregătit se aplică 2 . . . 4 straturi de vopsea preparată cu clei animal, pînă se obține culoare uniformă.

24.2.3.3. **Zugrăveli cu modele (tapetate).** Pe zugrăvelile simple, în diferite culori, servind ca fond, se pot realiza modele, tapete sau desene colorate care imită lemnul, piatra, stofa, elemente din natură, folosindu-se :

— aplicarea vopselelor cu rulouri și bureți de cauciuc sau cu pensule șabloniere;

— stropirea cu pensula sau cu aparatele de stropit;

— aplicarea vopselelor pe șabloane tăiate în hîrtie sau carton presat îmbibat cu ulei, cu diferite desene.

24.2.4. CALCIO-VECCHIO

Este sistemul de finisare a pereților și tavanelor obținut prin reliefuri mici, șlefuite și vopsite cu culori de apă sau ulei, care, în funcție de liantul utilizat, poate fi :

— *calcio-vecchio cu apă*, aplicat pe pereți drișcuiți, tratați cu soluție de clei în două straturi și realizat din pastă preparată din humă, ipsos de modelaj, clei, lac și ulei de in. Pentru a se obține reliefurile dorite, pasta se bate cu perii speciale. După uscare se freacă cu hîrtie sticlată, se spală cu soluție de săpun și se aplică culoarea dorită ca la zugrăveli obișnuite. Pe suprafața zugrăvită se poate aplica cu cîrpe moi, ceară dizolvată în benzină, după care se lustruiește prin frecare cu peria;

— *calcio-vecchio cu ulei*, preparat în același mod, numai că în loc de culoare de apă se dă un strat de ulei și 1 sau 2 straturi din culoarea de ulei; după uscare se aplică un strat transparent de ulei (lazur), care se freacă cu cîrpe moi.

24.2.5. VOPSITORII DE ULEI

La finisajele de vopsitorii se disting pregătirea suprafeței suport și lucrările propriu-zise de vopsitorie. Pregătirea suportului în vederea aplicării vopsitoriei implică : curățirea cu peria a suprafeței de vopsit; deschiderea crăpăturilor, reparația și chituirea lor; șpacluirea, adică netezirea suprafeței, cu ipsos la pereți și cu chit la lemn; șlefuirea suprafețelor cu hîrtie sticlată.

După natura suportului pe care se aplică, se disting următoarele tipuri de vopsitorii: pe tencuială, pe beton, pe lemn, pe metal.

La strat suport de tencuială în cazul mortarelor de var, suprafaţa se netezeşte cu ipsos şi se şlefuieşte cu hîrtie sticlată. Tencuielile cu glet de var sau de ipsos se şlefuiesc cu hîrtie sticlată şi se grunduiesc cu ulei de in fiert.

După uscare, se aplică un strat de chit de lac, se şlefuieşte şi se aplică primul strat de vopsea, se chituieşte din nou cu chit de lac, se şlefuieşte şi se aplică al doilea strat de vopsea. Aplicarea vopselelor se face în 3 ... 5 straturi pînă se obţine o suprafaţă lucioasă, fără pete. Prepararea vopselelor se face cu alb de zinc cu coloranţi. Ultimul strat poate fi lac sau email care permite obţinerea unei suprafeţe lucioase.

La suport de lemn, în cazul tîmplăriei, de exemplu, grundul se aplică la fabrică sau atelier. Pe şantier, se aplică vopseaua în mai multe straturi. În vederea aplicării vopselei, suprafaţa se şpacluieşte cu chit de lac, îmbinările se chituiesc şi se şlefuiesc cu hîrtie sticlată. La lucrări interioare se foloseşte chit din ipsos şi ulei, iar la lucrări exterioare, chit de clei. După uscarea chitului şi a şpacluielilor şi după pregătirea suportului prin şlefuire, se aplică vopseaua în trei straturi.

La vopsitorii de interior se folosesc vopsele pe bază de alb de zinc şi coloranţi, iar la lucrări exterioare, pe bază de alb de plumb.

În cazul folosirii vopsitoriilor cu imitaţie de lemn (flader) al treilea strat de vopsea se realizează cu lazur ce imită culoarea lemnului. Pentru protejarea şi finisarea lemnului se mai poate folosi băiţuirea, ceruirea, lăcuirea sau lustruirea.

Băiţuirea se foloseşte pentru a da lemnului culoarea dorită şi constă în îmbibarea cu lichide colorate pe adîncimea de 0,1 ... 0,3 mm. Baiţul se prepară cu apă sau cu spirt, din materii colorante, vegetale sau chimice. Pregătirea suportului se face prin udare cu apă şi şlefuire cu hîrtie sticlată. Aplicarea baiţului se face în două sau mai multe straturi.

Ceruirea este cea mai simplă metodă de finisare, indicată pentru lemn de stejar, nuc, fag, tei. Se realizează cu mastic de ceară naturală dizolvată în terebentină sau benzină, în proporţie de 1 : 2. În vederea ceruirii, suprafaţa lemnoasă se pregăteşte prin şlefuire şi băiţuire. Aplicarea masticului se face cu o pensulă aspră, iar după 1 ... 2 ore se freacă cu cîrpe moi. Fixarea cerii se face printr-un strat subţire de lac de spirt sau şerlac.

Lăcuirea se obţine prin aplicarea pe suprafaţa şlefuită a lemnului, a lacului incolor sau colorat, în trei straturi. Protecţia prin lustruire se poate realiza prin acoperirea lemnului natural cu şerlac, aplicat în trei reprize şi frecare.

În vederea vopsirii, suprafeţele metalice se curăţă de rugină cu peria de sîrmă, terebentină, benzină, se grunduiesc cu vopsea de miniu de plumb, se şpacluiesc cu chit de ulei, se şlefuiesc cu hîrtie sticlată şi se aplică vopseaua în cel puţin două straturi. Elementele de radiatoare se grunduiesc cu miniu de fier sau plumb şi se acoperă cu două sau trei straturi de vopsea specială, rezistentă la căldură.

24.2.6. ZUGRĂVELI ŞI VOPSITORII DIN POLIMERI

Zugrăvelile interioare şi exterioare se pot realiza din polimeri pe bază de acetat de polivinil sau alchidal [24]. Zugrăvelile pe bază de polimeri, realizate în două straturi, prezintă avantajul că se pot spăla. Zugrăvelile din emulsie de alchidal pot înlocui vopsitoria pe bază de ulei. La exterior se poate folosi amestecul de var şi polimeri (plastvar), cu bune rezultate în exploatare. Vopselele Vinarom produse pe bază de poliacetat de vinil în emulsie apoasă, în culori pastelate, se folosesc la clădiri civile şi industriale, la interior sau exterior, pe tencuieli drişcuite sau gletuite cu amestec de nisip şi aracet, beton cu faţa drişcuită, lemn, azbociment, beton celular autoclavizat. Se obţin pelicule mate sau lucioase, aderente la suport, rezistente la acţiunea alcaliilor, permeabile la vapori, dar impermeabile la apă, fiind indicate la lucrări interioare cu umiditate relativă interioară sub 65%.

Vopselele Vinarom se aplică manual şi mecanic cu pistolul, în general în trei straturi, indiferent de suport:

— grund de vopsea Vinarom (apă 2/3, vopsea 1/3);
— stratul al II-lea (apă 1/2, vopsea 1/2);
— stratul al III-lea (vopsea nediluată).

Finisajul suprafeţelor de beton se realizează în următoarele straturi:

— grund de vopsea Vinarom sau grund de Aracet DP 25;
— vopsea Vinarom diluată, aplicată în două straturi.

Aplicarea vopselelor Vinarom, la interior şi exterior, se realizează la temperatura de minimum +15°C şi umiditatea relativă a aerului de 60%, în straturi succesive, aplicate după uscarea celui precedent (la minimum două ore).

La lucrări exterioare cu cerinţe de rezistenţă la intemperii, se folosesc vopsitorii din vopsele epoxidice esterificate. Vopselele epoxidice cu catalizator cît şi cele poliuretanice conduc la lucrări de vopsitorii foarte rezistente mecanic.

Vopsitoriile din vopsele pe bază de clor-cauciuc au rezistenţă bună la agenţi chimici şi la intemperii, dar prezintă rezistenţă slabă la solvenţi şi la variaţii de temperatură.

Vopsitoriile alchido-ureice şi alchido-melaminice prezintă rezistenţă bună la intemperii. Vopsitoriile siliconice prezintă comportare foarte bună la căldură. Vopsitoriile pe bază de copolimeri vinilici prezintă rezistenţă bună la substanţe chimice.

24.2.7. PICTURA MONUMENTALĂ

În anumite încăperi cu destinaţie specială, se poate adopta pentru decorarea interioară pictura monumentală, cunoscută încă din perioada sclavagistă. Sînt renumite frescele din oraşul Pompei, celebrele fresce ale Renaşterii, frescele construcţiilor vechi ruse şi georgiene.

În U.R.S.S., pictura monumentală a fost folosită la cîteva realizări mari ale construcţiei socialiste, cum este Metropolitanul Moscovei, Academia Militară Frunze etc. La noi în ţară, în nordul Moldovei, sînt remarcabile frescele mănăstirilor Voroneţ, Moldoviţa, Suceviţa, Arbore, Humor, iar la Iaşi, fresca Bibliotecii Centrale a Institutului Politehnic (fig. 23.5).

Dintre picturile monumentale se menţionează fresca, tempera, encaustica, pictura minerală şi mozaicul.

Pictura al fresco se obţine din vopsea de apă pe tencuială proaspătă. Zidăria pe care se aplică tencuiala şi pictura al fresco trebuie să fie uscată, izolată contra umidităţii capilare şi atmosferice. Zidăria suport poate fi alcătuită din piatră naturală, cărămidă, beton şi nu trebuie să conţină substanţe sulfuroase care alterează culorile.

Culorile se obţin prin frecare cu apă curată, a coloranţilor naturali de pămînt sau a unor vopsele sintetice.

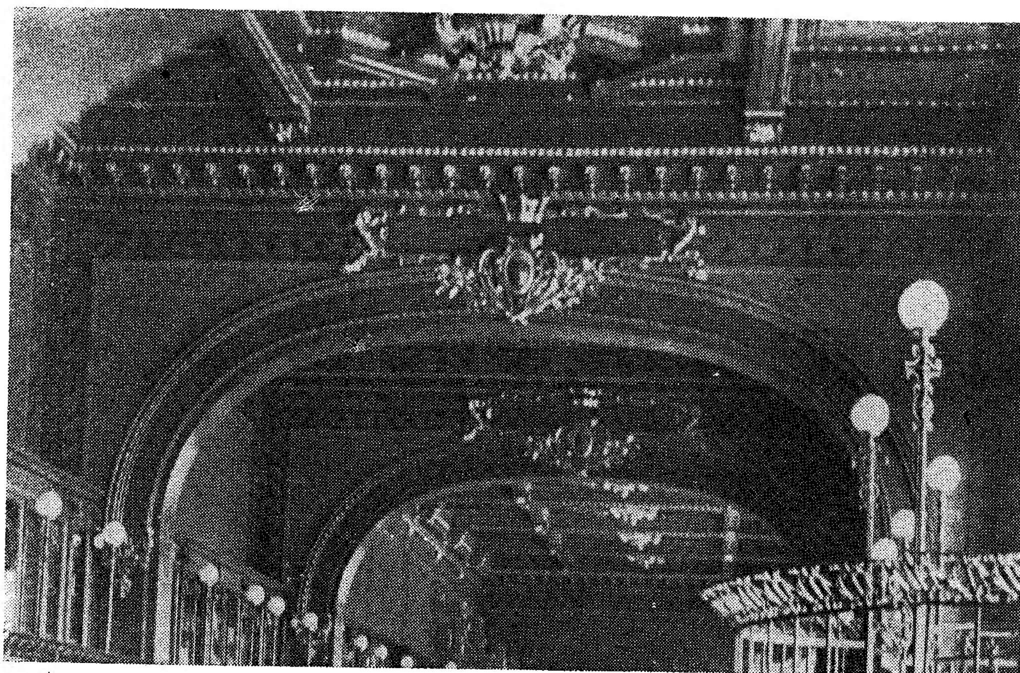


Fig. 24.5. Stucatură și frescă la Biblioteca Centrală a Institutului Politehnic Iași.

Suportul picturii este alcătuit din șpriț și grund de tencuială, de 2 cm grosime, din mortar de var cu dozajul 1 : 2,5 ... 1 : 3,5, preparat din nisip cuarțos spălat și var bine stins. După priza mortarului de grund, înainte de a se fi întărit, se aplică pe suprafața bine udată, un strat subțire de tinci denumit *intonaco*, de grosime 2 ... 3 mm, alcătuit din mortar de var gras, praf de marmură și griș de piatră sau nisip fin de cuarț. Pe suportul astfel pregătit, cu ajutorul șabloanelor, se aplică culorile de apă care sînt absorbite de tencuială fiind înglobate de varul în curs de întărire.

Pictura al secco se aplică pe același suport ca și pictura al fresco, cu deosebirea că stratul de intonaco este de grosime 0,5 ... 1 cm, folosindu-se vopsele de var și pigmenții naturali sau artificiali, rezistenți la lumină și alcalii.

Pictura a tempera a fost mult utilizată în arta bizantină și renaștere, folosind ca liant gălbenușul de ou, cu sau fără albuș, și cazeină. Liantii, sub formă de emulsii, se freacă cu coloranți minerali sau sintetici și cu diferite alte substanțe, cum sînt : fenol, acid acetic, borax etc. Se aplică pe tencuială uscată preparată ca și la pictura al fresco.

Encaustica se obține din vopsele de ceară care pătrund în materiale vopsite. Se aplică pe suprafața pietrelor naturale (marmură, calcar, gresie, tufuri), pe tencuială din mortar de var sau ciment și chiar pe lemn. Prepararea vopselelor se face prin amestecarea pigmenților minerali cu ceară topită. Prezintă mare durabilitate, fiind exemple de conservare de peste 2000 ani.

Pictura minerală se realizează prin folosirea sticlei lichide și a acidului silico-fluorhidric. Suprafața de pictat se umezește cu soluție slabă de acid silico-fluorhidric și se aplică vopselele de apă, preparate ca și pentru frescă, menținînd suprafața umedă. Fixarea picturii se face prin stropire cu sticlă solubilă de potasiu și se datorește formării unei substanțe insolubile, produs al reacției dintre acidul silico-fluorhidric și sarea alcalină.

Metalizarea elementelor constă în acoperirea materialelor cu un strat subțire de metal, prin pulverizare. Pulverizarea se obține prin topirea metalului la flacăra oxiacetilenică sau la arcul voltaic. Se pot metaliza plumbul, zincul, aluminiul, cuprul, după șlefuirea prealabilă cu discuri prevăzute cu perii metalice. Pentru a le feri de oxidare se acoperă cu lac transparent și incolor. La metal sau lemn se poate folosi aurirea sau argintarea. Pentru aurire se utilizează foițe de aur natural în grosime de 1 ... 2,5 sutimi de mm. Se mai pot utiliza amalgame (săruri de aur și argint cu mercur) sau imitații. Aurirea și argintarea se realizează pe lacul de ulei, aplicat în cîteva straturi, după șlefuirea și curățirea suprafeței, prin aplicarea foiței de aur sau prin galvanoplastie, în care caz acoperirea metalelor se face în băi speciale pe cale electrolitică.

După aplicarea foiței de aur sau argint, suprafețele tratate se acoperă cu amestec de șerlac și spirt.

24.2.8. TAPETE

Finisarea prin tapetare este un procedeu uscat ce constă în acoperirea suprafeței pereților interiori cu fîșii de hîrtie tratate cu polimeri, în desene și culori variate, cu efecte decorative, care prezintă avantajul eliminării proceselor umede la finisaje [24].

În R.S. România se utilizează tapete semilavabile și lavabile pe suport de hîrtie, fabricate de către întreprinderea de materiale de izolații și finisaje din Turda, prin aplicarea prin raclare sau calandrare a unei paste pe bază de policlorură de vinil sau poliacetat de vinil pe suport de hîrtie, avînd greutatea de 140—245 g/m² pentru tapet *TR* și de 180...645 g/m² pentru tipurile *TCM* și *TCP*, în următoarele sortimente : tapet simplu *TS*, tapet în relief *TR*, tapet calandrat *TCM* (monocolor) și *TCP* (policolor). Se pot realiza și sortimente speciale ca celuplast, pe suport celulozic, sau textilplast pe suport textil, utilizate la tapetări fine, la construcții de importanță deosebită.

Tapetele trebuie să reziste la temperatura de 75°, să nu se exfolieze, să reziste la detergenții de spălare, la razele ultraviolete, să nu permită trecerea apei și să aibă o rezistență la trecerea vaporilor de maxim 5 m/s la tapete *TR* și de maxim 50 m/s la tapete *TCM* și *TCP*.

Tapetele se livrează în benzi cu lățimea de 700 ± 3% mm și lungimea de 10 sau 20 m.

Temperatura aerului în încăperile unde se aplică tapetele trebuie să fie mai mare de + 15°C și umiditatea relativă interioară mai mică de 60%. Umiditatea suportului trebuie să fie sub 2,5...3% la beton, zidărie, la pereți tencuiți cu glet de var și sub 8% la pereți gletuiți cu ipsos.

La aplicarea tapetului se folosește pentru amorsare soluție de clei de oase, iar pentru lipire adeziv din clei de făină sau dextrină, adaos de clei de oase și formol, lindatox 20 sau carbetox (ca insecticid) sau produse speciale pe bază de polimeri (Aracetin în cantitate de 300 g/m²). Suportul trebuie să fie neted, fără bavuri, cu abateri de la verticală de maximum 1 mm/m.

Aplicarea tapetelor implică următoarele operații :

— pregătirea stratului suport din glet de ipsos prin șlefuire cu hîrtie de șlefuit sau piatră ponce, pentru înlăturarea denivelărilor (care nu trebuie să depășească 2 mm) și aplicarea prin lipirea unui strat de hîrtie albă, după ce în prealabil s-a amorsat suprafața de tapetat prin aplicarea cu bidineaua a unui strat subțire de clei încălzit la 40...50°C ;

— pregătirea tapetului prin tăiere la dimensiuni egale cu înălțimea încăperii (fig. 24.6, *a*), amorsare cu adeziv și asigurarea absorbției timp de 15...30 minute a adezivului de către tapet, păstrîndu-se îndoit cu partea unsă spre interior, pînă la aplicare (fig. 24.6, *b*);

— aplicarea tapetului, la 24 ore de la lipirea hîrtiei albe, prin presare cu perii late acționîndu-se din partea centrală spre extremități (fig. 24.6, *c*), pentru eliminarea pungilor de aer și de la fereastră spre colțurile încăperilor, pentru evitarea umbrelor la rosturi (fig. 24.6, *d*); pentru tapete grele (cu greutatea peste 200 g/m²), se amorsează cu clei și stratul de hîrtie aplicat în prealabil pe perete.

Dacă tapetul este subțire, fîșiile se suprapun între ele pe o porțiune de circa 1 cm. Tapetul trebuie să fie întins pe toată suprafața sa, precum și la îmbinări, fără cute sau neregularități (fig. 24. 6, *e*). Verticalitatea primei fîșii de tapet se asigură cu firul cu plumb și apoi se lipește (fig. 24. 6, *f*).

Capetele excedentare ale fîșiilor de tapet se însemnează cu creionul (fig. 24.6, *g*) și se îndepărtează prin tăiere cu foarfeca (fig. 24.6, *h*).

La colțurile intrînde sau ieșinde ale pereților, înnădirea fîșiilor se face pe colț, iar la racordări se pot folosi, pentru mascare, baghete din lemn sau materiale plastice fixate în ținte sau lipite. La partea inferioară, rostul se maschează cu pervaz de pardoseală, iar la tavan cu baghete de lemn sau materiale plastice, lipite cu adeziv sau fixate cu ținte.

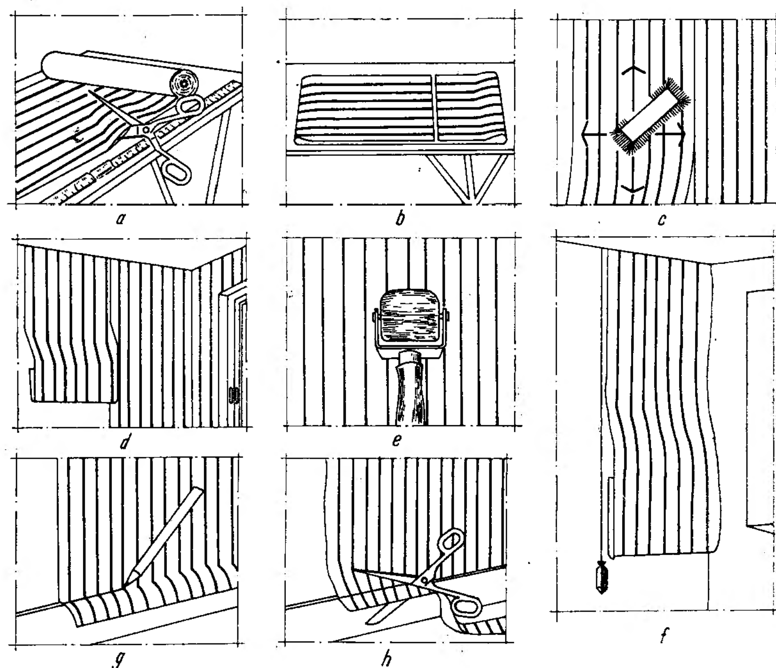


Fig. 24.6. Fazele lucrărilor de tapetare:

a — tăierea tapetului la lungimi egale cu înălțimea încăperii plus 10...15 cm; *b* — absorbția adezivului de către tapet; *c* — presarea tapetului după patru direcții; *d* — montarea tapetului de la ferestre spre interior; *e* — presarea tapetelor la îmbinări; *f* — verificarea verticalității primei fîșii cu firul cu plumb; *g* — însemnarea cu creionul a fîșiilor de tapet; *h* — tăierea cu foarfeca a capetelor excedentare ale tapetului.

În zonele de străpungeri ale tapetului (țevi, doze electrice etc.) se taie tapetul înainte sau după lipire la dimensiunile necesare, asigurîndu-se o bună lipire de suport.

Întreținerea tapetelor se asigură prin ștergere de praf cu perii sau cîrpe moi, curate, ușor umezite cu apă caldă și săpun sau detergenți, absorbindu-se apa cu pînze moi și uscate.

24.2.9. FINISAJE DIN MARMOR-ROCK

Marmor-rockul este un material prefabricat pentru finisarea interioară și exterioară a construcțiilor civile și industriale și pentru decorarea construcțiilor monumentale.

Materialul prezintă rezistență corespunzătoare la smulgere, lovire, intemperii, îmbătrînire, atmosferă corosivă, la spălare, la temperaturi între −30 și +70°C și proprietăți fonoabsorbante.

Placajele flexibile de tip marmor-rock sînt realizate sub formă de folii flexibile dublate de suport textil, cu granule fine de marmură sau alte roci dure de 0,2...4 mm diametru, în culori naturale sau roci colorate industrial, avînd ca liant rășini sintetice termoplastice. Au lățimea de 100 cm, grosimea 1...4 mm, greutatea 2,7...5,2 kg/m², în compoziții granulometrice variate (0,2...0,5; 0,5...1; 1...2; 3...4 mm), cu compoziții cromatice simple sau mozaicate, cu efecte plastice și estetice deosebite.

Placajele flexibile de marmor-rock se lipesc cu mortar de ciment portland și adaosuri de rășini sintetice sau numai cu adezivi sintetici, stabili și rezistenți la apă, sub formă de mortare fluide plastice pe suporturi din zidării ceramice, betoane ușoare, betoane grele tencuite sau netencuite, pe tencuieli, pe azbociment, pe lemn și produse din lemn, pe metal, după o prealabilă operațiune de curățire cu perii metalice sau din pai dur, spălare și îndepărtare a prafului rezultat.

BIBLIOGRAFIE

Ceaușescu, Nicolae, *Expunere la deschiderea colocviului privind problemele științei conducerii societății*, București, Ed. politică, 1972.

Ceaușescu Nicolae, *Raport la cel de-al XI-lea Congres al P.C.R.*, Ed. politică, București, 1974.

* * * *Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și inaintare a României spre comunism*, Editura politică, București, 1975.

* * *

1. Academia Republicii Populare Române și Academia de Științe U.R.S.S., *Monografie geografică a R.P.R.*, 1960.
2. Academia de Construcții și Arhitectură a U.R.S.S. *Norme și reguli în construcții*, 4 volume, traducere din limba rusă,1972.
3. Agent, R., *Calculul diafragmelor cu goluri după Albigés-Goulet este un calcul de cadru etajat*, Revista construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 6/1965.
4. Andrei, N. ș., a., *Construcții și tehnologia lucrărilor de construcții*, București, E.D.P., 1973.
5. Apostol, P., *Calitatea vieții și explorarea viitorului*, București, Ed. politică, 1975.
6. Asandrei, G. ș. a., *Bloc experimental de locuințe din elemente prefabricate de mărimea unei camere*, Revista construcțiilor și a materialelor de construcții, nr. 2—3, 1965.
7. ASCE — IABSE. Technical Committee 27, *Masonry Structures*, vol. III—27, Int. Conf. Lechigh — Tall Buildings, August, 1972.
8. Avram, C. *Aplicațiile principiilor de calcul probabilistic și semiprobabilistic la proiectarea elementelor din beton precomprimat, a V-a Conferință de betoane*, Timișoara, 26—28.X.1972.
9. Avram, C. ș.a., *Rezistențele și deformațiile betonului*, București, Ed. tehnică, 1971.
10. Bălan, Șt., *Lecții complimentare de mecanică teoretică*, București, E.D.P., 1975.
11. Berthier, J., *Les points thermiques ou ponts thermiques*, CSTB, nr. 42/334, Paris, 1960.
12. Blachère, G., *Savoir Batir*, Ed. Eyrolles, Paris, 1973.
13. Bogoslovski, V., *Stroitelnaia teplofizica*, Izd. Viss. Școla, Moskva, 1970.
14. Bonhomme, A., *L'isolation thermique*, Paris, Ed. Eyrolles, 1967.
15. Borges, F., Costanheta, M., *Siguranța structurilor*, traducere din limba engleză, București, Ed. tehnică, 1973.
16. Bruckmayer, F., *Handbuch der Schalltechnik im Hochbau, Schallärm-Erschütterungsschutz, Raumakustik*, Franz Deutike, Wien, 1962.
17. Bădărău, E., Grumăzescu, M., *Bazele acusticii moderne*, București, Editura Academiei 1961.
18. C. E. B., *Manual—Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 102, 1974—1975.
19. C. E. B., *Manual — Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 106, 1974—1975.
20. C. E. B., *Manual — Sécurité des constructions, Concepts généraux, charges et actions*, Bul. d'inf. nr. 107, 1974—1975.
21. C. E. B., *Notations. Terminologie*, Bul. d'inf., nr. 96, oct. 1973.
22. *Centrul științific și tehnic al clădirilor*, Paris, R.E.E.F., 1970.
23. C. I. B. W. 23 A., *Practical Recommendations for Masonry Structures, Design and Erection*, Draft, 1975.
24. Cioroiu, R., Constantinescu, R., Platon, M., *Materiale plastice în construcții*, București, Ed. tehnică, 1975.
25. Cișmigiu, A., *Forțe. Materiale. Structuri.*, Rev. Arhitectura 3/4—1972.
26. Cișmigiu, A., *Teoria structurilor in arhitectură*, Breviar curs, anul III, Institutul de Arhitectură „Ion Mincu", București, 1970—1971.
27. C P C P — I S L G L., *Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea clădirilor de locuit cu structura de rezistență din panouri mari*, Redactarea I, 1974.
28. Croiset, M., *L'hydrotermique dans le bâtiment*, Paris, Ed. Eyrolles, 1968.
29. Dabija, Fl., Opran, D., *Structuri de rezistență la clădiri civile*, curs Institutul de construcții, București, 1974.
30. Dabija, Fl., *Seismic Resistant Reinforced Concrete Structures for Multistory Buildings*, Lecture presented at the International Seminar for Qualification on Earthquake Engineering, I.P. Iași, sponsored from UNESCO, Oct. 1974.

31. Despreyoux, J., *Shear Walls with a Raws of openings*, Symposium on Tall Buildings, Proceedings University of Southampton, April, 1966.
32. Despreyoux, J. *Analyse statique et dynamique des contreventements par consoles élémentaires, solidarisés par des milieux élastiques*, Annales I.T.B.T.P., nr. 290, février, 1972.
33. Dent, N. R., *Principles of Pneumatic Architecture*, The Architectural Press, London, 1971.
34. Diaconu D., Manolovici M. ş. a., *Perfecţionarea metodelor de calcul al construcţiilor supuse la acţiuni seismice*. Referat cu concluzii asupra încercărilor efectuate pe modele de clădiri înalte în cadre, INCERC, Iaşi, 1973.
35. Drogeanu, N., Negoiţă, A., *Clădiri civile I*, Bucureşti, E.D.P., 1964.
36. Dumitrescu D., Sandi, H., *Principii fundamentale pentru siguranţa şi calculul construcţiilor*, conf. a V-a de betoane, Timişoara, 1972.
37. Dumitriu-Vîlcea, E., Moraru, D., *Umezeala în construcţii şi combaterea ei*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1969.
38. Eichler, Fr., *Praktische Wärme im Hochbau*, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1964.
39. Eichler, F., *Căldura şi vaporii de apă în clădiri*, Ed. tehnică, Bucureşti, 1957.
40. Elmroth, A., *Crawl — Space Basements.*, National Swedish Inst. for Building Research, Rapport R 12, Byggforskningen, Stockholm, 1975.
41. Engel, H., *Tragsysteme*, Deutsche Verlags anstalt, Stuttgart, 1967.
42. Făinaru, J., Roşu, I., *Detalii de construcţii*, Bucureşti, E.D.P., 1971.
43. Focşa, V. ş. a., *Construcţii de zidărie şi beton*, 2 volume, Litografia învăţămîntului, 1956—1958.
44. Focşa, V., Radu, A., *Îndrumător pentru lucrări de laborator la clădiri civile şi industriale*, Bucureşti, E.D.P., 1957.
45. Focşa, V., *Clădiri civile. Pereţi, alcătuire şi calcul.*, I.P. Iaşi, 1971.
46. Focşa, V., *Higrotermica şi acustica clădirilor*, Bucureşti, E.D.P., 1975
47. Gheorghiu, A., *Statica, stabilitatea şi dinamica construcţiilor*, Bucureşti, E.D.P., 1974.
48. Gheorghiu, F., Grünau R., *Funcţionalitatea şi protecţia faţadelor*, Bucureşti, Ed. C.D.C.A.S., 1974.
49. Ghiocel, D., Lungu, D., *Acţiunea vîntului, zăpezii şi variaţiilor de temperatură în construcţii*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1972.
50. Ghiocel, D., Lungu, D., *Siguranţa construcţiilor*, Inst. Constr., Bucureşti, 1973.
51. Gnedenko, B., Béliaev, Y., Soloviev, A., *Méthodes mathématiques en théorie de la fiabilité*, Edition de Moscou, 1972.
52. Goffin, H., *Lastannahmen für Bauten, Bestimmungen, Beton Kalender*, 1975, II Teil, S.9—91 und S. 501—517.
53. Groupe d'ingénieurs — CIMOR, *Tehnica franceză a faţadelor uşoare. Pereţi cortină şi panouri de faţadă.*, Paris, Ed. Eyrolles, 1965.
54. Guillot, V., *Influence des ouvertures dans la stabilité des bâtiments de grande hauteur, refends àn files d'ouvertures*, Annales I.T.B.T.P., nr. 290, Février, 1972.
55. Hangen, M., *Construcţii din beton armat*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1963.
56. Haret, S., *Construcţii de clădiri, Lucrări de finisaj*, vol. III, Bucureşti, Ed. tehnică, 1954.
57. Hardt, D., *Proiectarea detaliilor de construcţii*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1973.
58. Höglund, I., *Kompedium i Byggnadsteknik*, K.T.H., Stockholm, 1973.
59. Holmgren, O., *Snow Loads, Driving Rain and Building Design*, National Swedish Inst. for Building Research, Stockholm, 1970.
60. Ifrim, M., *Analiza dinamică a structurilor şi inginerie seismică*, Bucureşti, E.D.P., 1973.
61. Institutul de Construcţii Bucureşti, *„Indicaţii provizorii pentru proiectarea structurilor cu diafragme din beton armat la clădiri etajate"*, ISART, 1971.
62. ISO — 2394., *General Principles for the Verification on the Safety of Structural.*, 1973.
63. Jürgen J., *Les structures en voiles et coques.*, Edition Vincent, Fréal & C^{ie}., Paris, 1962.
64. Lewicki, B., *Prevention of Progressive Collaps*, Report meeting CIB/W 23 A, Iaşi, 1970.
65. Lenczner, D., *Elements of Load Bearing Brickwork*, Peryamon Press, 1973.
66. Lufsky, K., *Izolarea construcţiilor cu materiale bituminoase.*, vol. I, II., Bucureşti, Ed. tehnică, 1958.
67. L'Hermite, R., *Betonul în imagini*, traducere din limba franceză, Bucureşti, Ed. tehnică, 1959.
68. Mazilu, P., *Rezistenţa materialelor*, Ed. Inst. Construcţii, Bucureşti, 1974.
69. Mihăilescu, C., Păuleţ, C. ş.a., *Structuri de rezistenţă pentru locuinţe cu partiuri flexibile*, Ses. Tehnico—ştiinţifică jubiliară, — XXV, ICPROM — Iaşi, iunie, 1974.
70. Mihăilescu, M., Bota, O., Bia C., Pocanschi, A., Horvath, I., Ionescu, A., *Exemple de calcul pentru elemente de construcţii din beton armat*, Cluj, 1970.
71. Mihul, A., *Construcţii din beton armat.*, Bucureşti, E.D.P., 1969.

72. Mittag, M., *Pratique de la construction des bâtiments*, Paris, Ed. Eyrolles, 1967.
73. Moisescu, A., Săftoiu, E., *Betonul în arhitectură*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1964.
74. Moriz, K., *Richtig und falsch im Wärmeschutz*, Bauverlag, GMBH, Berlin, 1965.
75. Moriz, K., *Flachdach Handbuch*, Bauverlag GMBH, Berlin, 1964.
76. Necşulea, A., *Bazele acusticii clădirilor*, Bucureşti, Ed. Academiei 1960.
77. Negoiţă, A., Negoiţă, S., *Materiale moderne în construcţii*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1963.
78. Negoiţă, A., *Construcţii din prefabricate de beton şi beton armat*, ESAC, 1955.
79. Negoiţă, A., *Clădiri civile*, curs, partea I şi a II-a, Institutul Politehnic Cluj, 1969, 1971.
80. Negoiţă, A., Iancău, V., *Aspects statistiques concernant les surcharges climatiques et la sécurité des constructions*, Symposium A.I.P.C., London, 1969.
81. Negoiţă, A., Mateescu, Cr., *Recherches roumaines concernant la surcharge de neige*, Annales de l'Institut Tehnique des Bâtiments et des Travaux Publics, 109—1969.
82. Negoiţă, A., Iancău, V., *Contribuţii privind aspectele probabilistice ale încărcărilor climatice şi siguranţa construcţiilor*, St. cerc. mec. apl., Tom 29, nr. 4, 1970.
83. Negoiţă, A. *Contribuţii privind comportarea mecanică a pereţilor din beton simplu din granulit.*, Inst. Construcţii, Bucureşti, 1971.
84. Negoiţă, A., Ungureanu, N., *Aspecte probabilistice ale siguranţei în proiectarea construcţiilor prin metoda stărilor limită.*, a V-a conferinţă de betoane, vol. I, Timişoara, 1974.
85. Negoiţă, A., Pop, I., Schärf, F., Bărbat, H., *Îndrumător pentru calculul construcţiilor în zone seismice*, vol. I, Inst. Politehnic, Iaşi, 1974.
86. Neufert, E., *L'Architecture et l'isolation*, Paris, Ed. Eyrolles, 1971.
87. Nevander, L., *Fukt., Kompendium i byggnadsteknik*, T.H. Lund, 1968.
88. Niculescu, D., *Execuţia clădirilor de locuit din panouri mari*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1965.
89. Palladio, A., *Patru cărţi de arhitectură*, traducere din limba italiană, Bucureşti, Ed. tehnică, 1957.
90. Paschen, H., *Das Bauen mit Beton, Stahlbeton und Spannbeton Fertigbauteilen*, B.K — 1975, II, T.S. 575—746.
91. Peştişanu, C., *Construcţii* — curs general., Bucureşti, E.D.P., 1971.
92. Poliacov, V. S., Falevici, N.V., *Construcţii de zidărie*, Gostroiizdat, Moskva, 1960.
93. Popoff, A. Jr., *Design against Progressive Collapse*, Journal of P.C.I., march/april 1975, vol. 20, no. 2.
94. Radu, A., Sardino, R., *Clădiri*, vol. I, Ed. I.P. Iaşi, 1970.
95. Radu, A., Sardino, R., *Clădiri*, vol. II, Ed. I.P. Iaşi, 1970.
96. RILEM — 24 B.W., *Recommendations for Testing Masonry*, Draft, 1975.
97. Sandberg, P., *Driving Rain Distribution, Computerized Calculation*, RILEM Symposium, 1974.
98. Schmitt, H., *Hochbaukonstruktion.*, Otto Mayer Verlag., Ravensburg, 1973.
99. Schütze, W., *Les dalles flottantes.*, Paris, Ed. Eyrolles, 1968.
100. Silion, T., *Geologie, geotehnică şi fundaţii*, vol. I, II, III, Ed. Inst. Politehnic Iaşi, 1973.
101. Silvan, A., *Apa în pămînturile nesaturate*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1967.
102. Simonici, M., Dobrescu, C., *Betonul celular autoclavizat*. Bucureşti, Ed. tehnică, 1974.
103. Siporex, Ytong., *Lättbetong handboken*, Stockholm, 1974.
104. Sklover, A. M., Vasiliev, B. F., Uskov, F.V., *Osnovi stroitelinoi teplotehniki jilih i oşcestvennih zdanii*, Gos. izd. liter po stroit i arh., Moskva, 1956.
105. Slavin, I., *Zgomotul industrial şi combaterea lui*, Bucureşti, Ed. tehnică, 1957.
106. Stănculescu, I., *Curs de geotehnică şi fundaţii*, Bucureşti, 1960.
107. Space Structures., edited by R.M. Davies, Blackwell Scientific Publications Oxford and Edinburgh, 1967.
108. Stescu, L., Bălan, N., Macovei, N., *Soluţii noi de planşee folosite la un bloc de locuinţe avînd (P + 10 E), cu spaţii comerciale pe 3 niveluri (planşee predală)*, Ses. tehn.-ştiinţifică jubiliară — XXV, ICPROM, Iaşi, 1974.
109. Stescu, L., Heidberg, C., Liulica, A., *Bloc de locuinţe str. C. Negri* — Ses. tehn.-ştiinţifică jubiliară — XXV, ICPROM, Iaşi, 1974.
110. Varlan, G., *L'Etanchéité dans la construction*, Paris, Ed. Eyrolles, 1971.
111. Védeilhié, *L'Acoustique élémentaire dans le bâtiment*, Paris, Ed. Dunod, 1967.
112. *Vitruviu despre arhitectură*, Bucureşti, Ed. Academiei 1964.
113. Vos, B., *Ventilation of Flat Roofs*, TNO Reports., nr. 13 şi 61, 1965.
114. Walter, Meyer, Bohe., *Manerwerksbau, Elementen des Bauens*, Verlagsanstalt A. Koch, Stuttgart, 1973.
115. Zenczykowski, W., *Budownictwo Ogolne*, Tom IV, Warszawa, 1962.
116. * * * Normativ republican pentru proiectarea şi executarea construcţiilor din punct de vedere al prevederii incendiilor, Ediţia 1974, modificată şi completată cu ord. I.G.S.C. şi M.I. nr. 65/1973.